Conservation et restauration des documents d'archives

par Yash Pal Kathpalia

Unesco Paris 1973

Dans la collection « Manuels de l'Unesco à l'usage des bibliothèques »:

1. *La formation du bibliothécaire*, par J. Periam Danton
2. *L'extension des bibliothèques publiques*, par Lionel R. McColvin
3. *Le rôle des bibliothèques publiques dans l'éducation des adultes*, par Carl Thomsen, Edward Sydney et Miriam D. Tompkins
4. *Le rôle des bibliothèques dans l'éducation des adultes et dans l'éducation de base: compte rendu du stage d'études de Malmoe*, par Cyril O. Houle
5. *Le développement des bibliothèques publiques en Amérique latine: Conférence de São Paulo*
6. *Le développement des bibliothèques publiques en Afrique: Stage d'études d'Ibadan*
7. *Des bibliothèques publiques pour l'Asie: Stage d'études de Delhi*
8. *La bibliothèque publique de Delhi: Rapport d'évaluation*, par Frank M. Gardner
9. *Les services de lecture publique pour enfants*, par Lionel R. McColvin
10. *Le bâtiment d'une petite bibliothèque publique*, par Hoyt R. Galvin et Martin van Buren
11. *Tâches et problèmes des bibliothèques nationales: Colloque des bibliothèques nationales d'Europe*
12. *La bibliothèque d'école primaire et ses différentes fonctions*, par Mary Peacock Douglas
13. *L'organisqtion d'une petite bibliothèque publique*, par Ingeborg Heintze
14. *Les bibliothèques universitaires des pays en voie de développement*, par M. A. Gelfand
15. *La diffusion internationale des fiches de catalogue. Situation actuelle et perspectives d'avenir*, par R. S. Giljarevskij
16. *Méthodes d'enseignement de la bibliothéconomie*, par Josefa E. Sabor
17. *La planification des services de bibliothèque et de documentation*, par Carlos Víctor Penna

Dans la nouvelle collection « Documentation, bibliothèques et archives: études et recherches »:

1. *Projet de loi d'archives type: présentation et texte*, par Salvatore Carbone et Raoul Guêze
2. *Législation relative aux bibliothèques publiques: étude comparative*, par Frank M. Gardner
3. *Conservation et restauration des documents d'archives*, par Yash Pal Kathpalia

Publié en 1973
par l'Organisation des Nations Unies
pour l'éducation, la science et la culture,
7, place de Fontenoy, 75700 Paris

Imprimeries Populaires, Genève

ISBN 92-3-201073-9
Éd. angl. 92-3-101073-5

© Unesco 1973

Préface

Les sources historiques qui se trouvent dans les institutions d'archives représentent une partie de l'héritage culturel de l'humanité et la conservation de ce fonds revêt une importance capitale. Cela explique pourquoi, en 1969, l'Unesco a passé avec le Conseil international des archives un contrat ayant pour objet la rédaction d'un manuel consacré à la conservation et à la restauration des documents d'archives.

Cette tâche a été confiée à M. Yash Pal Kathpalia, M. Sc. (Chimiste), Scientific Officer aux Archives nationales de l'Inde à New Delhi. Mettant à profit ses travaux de recherche et l'expérience qu'il a acquise dans ce domaine, M. Kathpalia a étudié tout particulièrement les problèmes spécifiques qui se posent dans les pays où les conditions climatiques sont défavorables.

Ce manuel vise à donner aux archivistes et aux bibliothécaires chargés des collections de manuscrits un aperçu des méthodes, des techniques et des matériaux utilisés pour la conservation et la restauration des documents d'archives.

L'auteur revendique la responsabilité du choix des faits présentés et de leur interprétation, et les opinions qu'il exprime ne sont pas nécessairement celles de l'Unesco ou du Conseil international des archives.

Table des matières

Liste des illustrations 9

Avant-propos 11

Introduction 15

1 Matériaux constitutifs des documents 33
2 Détérioration: causes et remèdes 53
3 Principes de la restauration 89
4 Nettoyage, lavage et aplanissement 97
5 Désacidification 117
6 Restauration 136
7 Problèmes spéciaux concernant la restauration des documents 158
8 Problèmes spéciaux concernant les ateliers et les matériaux de restauration 182
9 Comment faciliter la conservation des documents 202
10 Conservation des microfilms et des enregistrements sonores 214

Annexes

1 Essais mécaniques et chimiques 229
2 Quelques formules d'encres 231
3 Colles de pâte 232

4 Préparations pour le cuir 234
5 Matériel pour la restauration et la reliure 235
6 Normes de production 237
7 Quelques adresses. 238

Bibliographie 241

Liste des illustrations

Entre p. 64 et 65
- Autoclave de fumigation Mallet (France). Fumigation à l'aldéhyde formique
- Chambre de fumigation sous vide
- Armoire de fumigation au thymol utilisé aux Archives nationales de New Delhi
- Dégâts causés par des blattes
- Blattes
- Termite ouvrier
- Dégâts causés par des termites
- Dégâts causés par les vers des livres
- Document taché par de l'eau et endommagé par des champignons

Entre p. 112 et 113
- Lavage d'un document placé sur un support flottant. Bac à température contrôlée par thermostat
- Lavage dans une cuvette contenant de l'eau. Feuilles intercalaires de papier collé à la résine
- Blanchiment à l'hypochlorite
- Étuve avec châssis
- Nébulisateur pour humidifier les documents pliés
- Installation de nettoyage de documents à l'air comprimé

Entre p. 144 et 145
- Collage d'un onglet sur la pliure
- Document réparé selon le procédé de lamination par solvant
- Procédé Hennecke. Machine K42 à laminer
- Laminateur hydraulique à plat
- Cousage de rubans ou de bandes de cuir
- Exécution de la dorure d'un volume relié
- Atelier de reliure
- L'auteur assure une formation dans la technique de lamination par solvant
- Machine à laminer Masino-Impex (Florence)
- Machine à laminer Arbee

Préparation d'une liasse avant lamination. Machine à laminer Barrow

Entre p. 192 et 193
Étuvage dans une sécherie de tabac de documents endommagés par les inondations
Volumes endommagés par l'inondation
Salle de dimensions moyennes pour le matériel et les machines
Atelier de réparations aux Archives d'État de Florence
Réception de documents à réparer
Rangement (correct et défectueux) de volumes reliés
Rangement de boîtes de documents sur des rayonnages aux Archives nationales de Washington

Avant-propos

La conservation des archives est un art complexe qui, jusqu'à l'apparition des procédés modernes, ne se pratiquait que dans un petit nombre d'institutions dispersées dans le monde entier et utilisant des méthodes qui reposaient sur l'ingéniosité et la dextérité du restaurateur. Bien que l'intervention de la science ait permis de mieux comprendre les diverses causes et les divers problèmes de détérioration et de mettre au point des mesures préventives, l'emploi des méthodes et techniques orthodoxes s'est poursuivi et a toutes chances de se poursuivre, les procédés employés ayant résisté à l'épreuve du temps et démontré leur utilité. Ils satisfont aux principes essentiels de réparation, la réversibilité par exemple, et peuvent facilement être adoptés pour les travaux de préservation dans les pays en voie de développement qui se sont dotés de centres d'archives, ou sont sur le point de le faire, et dont l'intérêt pour les travaux de réparation est freiné par le manque de fonds, de moyens d'action et de personnel qualifié.

Aucun raccourci ne permet d'accéder à la maîtrise de cet art et aucune école ne se consacre exclusivement à enseigner la conservation et la restauration du matériel d'archives. Les quelques institutions qui dispensent une formation de cet ordre limitent leurs efforts de formation interne aux conditions et aux procédés qui répondent à leurs besoins particuliers. Ces institutions ont mécanisé leurs unités de restauration et utilisent des techniques modernes de préservation.

En 1968, le secrétaire exécutif du Conseil international des archives (CIA), M. Charles Kecskemeti, revenant de l'inauguration en Malaisie de la South East Asian Regional Branch du Conseil des archives (SEARBICA), s'arrêta à New Delhi pour

visiter les Archives nationales. Au cours des conversations que nous eûmes alors, il signala le besoin d'un manuel sur la conservation et la restauration du matériel d'archives. Le présent ouvrage est l'aboutissement de ces conversations et du contrat passé entre l'Unesco et le CIA pour l'élaboration de ce volume, dont la rédaction m'a été confiée.

J'ai essayé d'y inclure tous les renseignements disponibles et d'y décrire en détail les divers procédés et techniques employés et considérés comme convenant aux travaux de conservation et de restauration exécutés dans divers centres du monde entier. Ces procédés varient d'une institution à une autre et d'un pays à un autre selon les conditions climatiques. Ceux qui conviennent dans un cas ne conviennent pas forcément dans un autre. Le plus souvent, il a fallu les modifier pour qu'ils répondent aux besoins de telle ou telle institution particulière. Cependant, les principes en demeurent constants. Pour écrire ce livre, j'ai puisé dans l'expérience professionnelle que j'ai accumulée en vingt ans de carrière, tant en Inde que dans divers pays d'Europe et d'Amérique, et j'ai décrit les procédés qui ont prouvé leur utilité et leur convenance pour les travaux de conservation et de restauration.

L'intérêt porté à la préservation des archives s'étend au monde entier. Les institutions, pour la plupart, demandent aux organisations scientifiques de les aider à résoudre leurs problèmes. Certaines procèdent elles-mêmes à des travaux de préservation et se sont dotées de laboratoires. Les cadences de travail et la mise au point des nouveaux procédés se sont accélérées et continueront certainement à le faire au cours des années qui viennent. De nouvelles méthodes sont déjà à l'étude et l'on envisage de reprendre à la base tout le problème de la préservation en se fondant sur les informations fournies par la recherche. Bien qu'il ait paru un ou deux livres sur la question, les renseignements concernant l'évolution récente de la conservation des archives sont pour la plupart dispersés dans des revues et publications qui ne sont pas faciles à obtenir, et ils n'ont pas été réunis en volume. Je me suis attaché à recueillir ces renseignements dans toute la mesure du possible et j'en présente ici la synthèse pour la commodité des gens du métier.

Je dois remercier M. A. Wagner, attaché comme spécialiste du programme à la Division pour le développement des services de documentation, de bibliothèques et d'archives, de l'Unesco, de

l'intérêt qu'il a porté à ce travail, ainsi que du prêt de documents et de photographies de la machine Kashier. Je remercie également M. Charles Keeskemeti, secrétaire exécutif du Conseil international des archives, de son aide et de ses encouragements, ainsi que des photographies et de la documentation qu'il m'a procurées. Je suis également reconnaissant à M. William K. Wilson, chef de la Paper Evaluation Section de l'U.S. National Bureau of Standards, à M. Georges Daniel Martin Cunha, conservateur de la Bibliothèque du Boston Athenaeum, à M. R. D. Smith, de la Graduate Library School de l'Université de Chicago et du Barrow Research Laboratory de Richmond (Virginie), pour m'avoir fourni la documentation, les revues, livres, publications et informations disponibles qui m'ont aidé à composer le présent volume.

Je dois également des remerciements: à M. James L. Gear, directeur par intérim de la Division des services techniques des U.S. National Archives; à M. Pierre Durye, secrétaire général des Archives nationales de Paris; aux Archives fédérales (Bundesarchiv) de la République fédérale d'Allemagne; aux Drs Guido Pampaloni et Francesca Morandini, des Archives d'État de Florence qui m'ont fourni certaines des photographies illustrant ce livre, et à deux de mes collègues des Archives nationales indiennes, M. R. Kishore qui m'a prêté son concours, et M. P. L. Madan, dont certains dessins sont reproduits dans ce volume.

Je manquerais à mon devoir si je n'exprimais pas ici ma gratitude envers les Archives nationales de New Delhi, l'institution qui m'a initié au métier d'archiviste. J'ai une lourde dette envers M. D. B. Wardle et M. Y. Pérotin qui ont bien voulu lire attentivement mon manuscrit et suggérer de précieuses améliorations.

Je sollicite enfin l'indulgence des lecteurs pour les omissions qui sont inévitables dans un ouvrage de ce genre.

Y. P. KATHPALIA

Introduction

L'art de la conservation est aussi ancien que la civilisation humaine. En un sens, il dérive de l'instinct de conservation qui se manifeste dans tous les êtres vivants. Quant aux documents, ils existent sous une forme ou sous une autre, depuis l'époque où l'homme a inventé l'écriture, et il est normal que l'humanité se soit efforcée de les préserver en raison de leur valeur de preuves juridiques. Les méthodes adoptées à cette fin ont toutefois différé d'une époque à l'autre, selon les matériaux utilisés pour leur création.

Avec les progrès accomplis par l'homme pour exprimer ses pensées par écrit, la gravure de longues inscriptions sur la pierre ou le métal a cédé la place à l'écriture sur des matériaux tels que le papyrus, l'écorce, le cuir, le parchemin et la feuille de palmier, qui sont restés en usage pendant un temps considérable. La feuille de palmier, spécialement, en dépit de l'invention du papier et de son usage universel pour la création d'archives, était encore utilisée en Orient au XIX^e siècle. Comme nous le savons maintenant, tous ces matériaux, sauf la pierre et le métal, sont vulnérables; l'argile est attaquée par les vers, le papyrus par les insectes et l'humidité, l'écorce, le bois et la feuille de palmier par les termites et par d'autres insectes, le cuir et le lin par les moisissures et par les insectes. Les érudits et les savants qui appréciaient l'importance des documents ont mis au point des méthodes ingénieuses pour les conserver.

On sait qu'il y a environ trois mille ans, les rouleaux de papyrus, après chaque saison pluvieuse, étaient séchés et déroulés afin de se rendre compte si la pluie n'avait pas fait disparaître les écrits. Pour la protection contre les insectes, l'humidité et les poussières, les Égyptiens, les Grecs et les Romains placaient leurs rouleaux

dans des boîtes cylindriques en bois ou en ivoire. En Inde, et dans d'autres pays de l'Orient, les manuscrits fragiles en feuille de palmier étaient protégés en les attachant entre des ais de bois ou d'ivoire sculptés et en les recouvrant d'une pièce de tissu appelée *bastas*. Pour maintenir les archives de papyrus en bon état de conservation, elles étaient traitées avec de l'huile de cèdre, qui est un préservateur. Les feuilles du citronnier et l'essence de citron étaient également utilisées dans le même but. Aussitôt après l'invention du papier, les Chinois commencèrent à le traiter contre l'attaque des insectes avec du *huang-neih*, extrait des graines du chêne-liège; on pensait que ce traitement assurerait sa conservation pendant des centaines d'années. Parmi les autres produits utilisés selon les époques comme insecticides, on peut citer le camphre, les clous et l'essence de girofle, l'essence d'eucalyptus et le musc, etc., mais la protection conférée par ces produits était pratiquement nulle. Divers auteurs de l'antiquité et de la période classique ont recommandé l'emploi d'huile de cèdre, de safran et l'usage de boîtes en bois de cyprès poli pour empêcher l'attaque des insectes. En fait, il est probable que l'huile de cèdre a été le premier produit éloignant les insectes qui ait jamais été utilisé pour la conservation des biens culturels.

Certaines fleurs et feuilles aromatiques étaient insérées entre les pages des livres pour les protéger de l'attaque des insectes. Cette pratique était générale, et, même actuellement, elle n'a pas tout à fait disparu, bien que ses effets soient nocifs. Dans certains cas, on demandait l'aide des dieux. Il existe dans un manuscrit arabe qu'on peut voir au musée de l'Istituto di Patologia del Libro de Rome une invocation pour demander la protection des livres et des documents contre l'attaque des teignes. En outre, on accordait une importance toute particulière à l'emplacement des dépôts où étaient conservés les livres et les documents. Pour assurer la meilleure conservation possible des livres, il était recommandé qu'en règle générale, ces dépôts soient orientés à l'est.

Jusqu'au moyen âge, la conservation ne constituait pas un problème majeur. La raison principale de ce fait réside dans la bonne qualité des matériaux utilisés pour la création des archives et le nombre limité de documents qui étaient réalisés. Le parchemin et le vélin, qui, à cette époque, étaient devenus le support normal de l'écriture, possédaient une grande durabilité. Au début, les peaux étaient traitées soigneusement à la chaux pour qu'elles résistent à

l'action des agents de détérioration. En raison de l'accroissement de la demande, la durée du traitement a été ramenée à quelques jours et la qualité a diminué. Parallèlement, les anciens manuscrits sur parchemin ont commencé à présenter des signes de détérioration, sans doute en raison de l'âge, de la dégradation et d'autres causes. Il existe à l'Istituto di Patologia del Libro de Rome et dans toute l'Europe, de nombreuses publications anciennes dont les reliures de cuir ou de vélin sont en assez bon état, mais dont le papier et le parchemin sont attaqués par les insectes et les moisissures.

Le problème de la conservation des archives est devenu préoccupant avec l'invention de l'imprimerie. Au début du XVIII^e^ siècle, en raison de l'accroissement de la demande de papier et de la pénurie de fibre de papier pour répondre à cette demande, des changements néfastes dans les méthodes de fabrication du papier ont été introduits. C'est à cette époque que les conservateurs d'archives ont ressenti la nécessité d'utiliser des moyens permettant de conserver et de restaurer des archives devenues fragiles.

Sans évoquer les toutes premières expériences dans ce domaine, on peut dire qu'au début, les restaurateurs travaillaient seuls dans des ateliers improvisés et qu'ils découvrirent de nouvelles méthodes qui devinrent des secrets jalousement gardés. Une infusion de certaines fleurs pour raviver une écriture pâlie sur parchemin en est un exemple. Le procédé était, paraît-il, efficace et sans danger pour le manuscrit et pour l'opérateur. Malheureusement, le secret en a disparu avec la mort de l'inventeur. Certains des procédés découverts à cette époque étaient satisfaisants et ils sont encore en usage. On peut citer par exemple la protection des documents contre l'action de la lumière au moyen d'un tissu, la protection contre les insectes à l'aide de produits tels que l'essence de girofle, l'huile de bois de cèdre et le camphre, l'utilisation de la gélatine comme enduit protecteur, etc. Mais l'usage de la gélatine a été limité plus tard (1898) « parce qu'elle coûtait autant que le reste des matières premières composant le papier ». D'autre part, l'emploi de l'hypochlorite comme agent de blanchiment, ainsi que toute sorte de matériaux et de colles pour le renforcement, ont causé des dégâts. Tout le monde sait que certains documents restaurés autrefois ont été complètement détériorés ou endommagés sans qu'ils soit possible de les réparer. La plupart de ces méthodes reposaient sur une connaissance imparfaite de la nature des documents et ce n'est qu'au cours des cent dernières années qu'on s'est efforcé de com-

prendre pourquoi les documents et les matériaux utilisés pour les réparer se comportent comme ils le font; le rythme des recherches ne s'est accéléré qu'après la première guerre mondiale.

On lit dans un rapport intéressant publié en 1750: « Il y a cent ans, on fabriquait du papier aussi bon, aussi solide, que le papier actuel. De nombreux savants se plaignent qu'en différents lieux le papier n'est ni assez solide ni assez blanc, mais sale et mince... La raison principale pourrait être le grand nombre de maisons d'édition et la quantité presque incroyable de livres qui sont imprimés tous les jours et pour lesquels les imprimeurs ne sont pas enclins à faire de grandes dépenses. Et comme les fabricants ont du mal à fournir assez de papier aux imprimeurs, ils deviennent négligents et cupides. »

En 1829, Murray étudia ce problème et il attribuait la cause de la détérioration du papier aux changements néfastes dans les méthodes de fabrication, à l'excès de blanchiment et à l'emploi de matières premières de mauvaise qualité dans la fabrication. Pour contrôler l'acidité du papier, il recommandait l'emploi de sirop de violette qui, comme nous le savons maintenant, contient des anthocyanines et constitue un indicateurs de *p*H, passant du rouge au bleu et vice-versa lorsque le *p*H est au voisinage de 7.

En 1842, Faraday étudia la détérioration des reliures de cuir et écrivit: « La perte que nous éprouvons par la destruction des livres est très grande... Elle est due au gaz d'éclairage dans son ensemble, en partie à la vapeur qui provient du gaz et en partie à la chaleur, aux conditions de l'atmosphère ambiante, à la température élevée de l'atmosphère, dont l'action se conjugue avec celle de certains produits de tannage et avec certains effets du gaz lui-même. »

Le problème de la conservation et de la restauration telle qu'elle était pratiquée à cette époque a été étudié par Leighton en 1858. Il concluait qu'il était souhaitable d'améliorer la qualité du papier.

Il est évident qu'à l'origine, l'avis des spécialistes n'était demandé que dans des cas isolés et que l'étude du problème de la conservation était limitée à un petit nombre de personnes intéressées à ces travaux. C'est ainsi que l'attention se porta sur certains problèmes tels que les dégâts provoqués par l'éclairage au gaz et les moyens d'y remédier, le traitement des matériaux infestés, la raison pour laquelle le papier était sale et mince au lieu d'être solide et blanc, l'effet de la chaleur, de la lumière, des

insectes, etc. Plus tard, les recherches se sont étendues à une étude systématique de la restauration et de la conservation des documents d'archives en vue de préserver l'héritage culturel pour les générations à venir.

La première tentative organisée a été entreprise par le cardinal Franz Ehrle, préfet de la Bibliothèque vaticane. Au cours de la conférence internationale des bibliothécaires réunie à Saint-Gall, en 1898, il demanda qu'on procède à un réexamen des méthodes de restauration existantes et demanda le concours des hommes de science. Il introduisit le procédé de renforcement des manuscrits endommagés au moyen d'une gaze de soie transparente ainsi que l'emploi de parchemin neuf et de gélatine pour réparer les manuscrits sur parchemin. Presque à la même époque, en Angleterre, la Society of Encouragement of Arts, Manufacturers and Commerce reçut un rapport de son comité « Deterioration of Paper ». Cette même société créa, en 1900, un organisme chargé de déterminer la cause de la détérioration des reliures. Entre-temps, la conférence des archivistes réunie à Dresde, en 1899, le congrès international des bibliothécaires réuni à Paris, en 1900, examinèrent les problèmes posés par la conservation des documents écrits. Au cours de la période 1908-1911, ce problème fut également examiné en Allemagne, en Italie et aux États-Unis d'Amérique.

Cette prise de conscience s'est traduite par un effort important de recherche et de coopération entre les divers chercheurs et les institutions intéressées à la conservation de leurs fonds, qui s'est manifesté aussitôt après la première guerre mondiale. En Occident comme en Orient, des travaux considérables ont été accomplis, aux États-Unis, en Italie, en France, en Union soviétique, au Royaume-Uni, en Suède, en Allemagne et en Inde. De nouveaux procédés et de nouvelles techniques pour la conservation et la restauration ont été mis au point. Certains d'entre eux, qui sont encore appliqués seront examinés dans les divers chapitres de cet ouvrage. Les données recueillies au cours de ces recherches forment la base de nos connaissances actuelles qui sont utilisées pour améliorer l'art et les techniques de conservation des documents d'archives.

Certaines des recherches entreprises portaient sur des problèmes tels que: la pollution atmosphérique et ses conséquences sur le papier; l'effet des acides et autres impuretés; le jaunissement du papier; les dégâts causés par les insectes et les champignons; l'effet du climat, de l'humidité, de la température, de l'environnement

et des produits de fumigation sur le papier. Des méthodes permettant de neutraliser ces facteurs de détérioration ont été formulées. D'autre part, dans le domaine de la restauration, ont été mis au point, pour un usage général, des procédés de conservation des reliures de cuir, la fumigation des archives infestées, le renforcement des documents fragiles par une pellicule d'acétate de cellulose et un papier de soie sous l'action de la chaleur et de la pression, et le blanchiment des taches du papier avec la chloramine T. La question de la permanence du papier a fait l'objet de recherches et des spécifications relatives au papier et à l'encre permanents ont été formulées. Une autre réalisation mérite d'être notée: l'étude du vieillissement artificiel du papier et la mise au point d'essais de vieillissement accéléré. Des essais ont été conçus et perfectionnés pour évaluer la longévité du papier et sa durabilité: essais physiques, tels que résistance à la traction, résistance à l'éclatement et endurance au pliage; essais pour déterminer la pureté de la cellulose ou la permanence du papier; essais chimiques concernant la teneur en alpha-cellulose, l'indice de cuivre, etc.

C'est seulement après la deuxième guerre mondiale, lorsqu'ont été créées des organisations internationales telles que le Conseil international des archives, l'Unesco, le Conseil international des musées (Icom), que le problème a été abordé à l'échelon international. Toutefois la majeure partie des recherches était et est encore accomplie par des institutions qui se consacrent à ces travaux (Barrow Research Laboratory, National Bureau of Standards et National Archives aux États-Unis; Public Record Office et Laboratoire de recherche du British Museum au Royaume-Uni; Archives nationales et Centre de recherche sur la conservation des documents graphiques en France; Archivschule en Allemagne; Archivio Centrale Dello Stato et Istituto di Patologia del Libro en Italie; Archives nationales en Inde) ainsi que par des particuliers qui se consacrent à la conservation des documents.

Barrow a étudié la stabilité des documents désacidifiés et laminés. Il a montré que la durabilité d'un papier moyen de bonne qualité est améliorée par l'emploi de produits chimiques tels que le carbonate de calcium et de magnésium.

Au National Bureau of Standards des États-Unis, l'équipe de Wilson et Forshee a procédé à une étude complète des diverses techniques de lamination. Après avoir évalué l'efficacité des procédés de lamination, ces chercheurs ont établi des spécifications

pour une pellicule idéale d'acétate de cellulose servant à la restauration des documents. Après des recherches prolongées, Barrow a réalisé un papier alcalin qui aurait une durée de vie probable de trois cents ans. Il a étudié d'une façon très détaillée dans son laboratoire le problème de la détérioration et de la durabilité du papier.

Au Royaume-Uni, Langwell a étudié le problème de la pollution atmosphérique et de l'action de détérioration qu'elle exerce sur les documents. Il a proposé le procédé de désacidification en phase vapeur pour combattre l'acidité du papier ainsi que le procédé de lamination « Postslip » pour la restauration des documents. Les travaux se poursuivent dans ces domaines.

En Inde, Kathpalia s'est attaché au problème de la restauration des documents. Ses recherches ont abouti à la mise au point du procédé de lamination par solvant, connu aussi sous le nom de « procédé indien » qui a été adopté par un grand nombre d'institutions dans le monde entier. Kathpalia et Kishore ont étudié le procédé de restauration des documents à la gaze de soie et l'effet de la colle de pâte utilisée dans ce procédé sur le document et sur le matériau de renforcement; ils ont recommandé l'emploi d'une colle alcaline contenant soit du carbonate de plomb, soit du carbonate de baryum. Ils ont également étudié la possibilité d'employer des fibres synthétiques non tissées telles que le térylène, au lieu du papier de soie, comme renforcement dans le procédé de lamination par solvant.

Le problème du blanchiment au chlorite a été étudié par Gettenes et repris en France par M^me^ Flieder. A Rome, l'Istituto di Patologia del Libro a étudié l'efficacité de la chloramine T, qui a été recommandée pour la première fois par Plenderleith en 1937, comme agent de blanchiment efficace.

De grands progrès ont été réalisés dans l'emploi des adhésifs. De nouvelles matières synthétiques telles que le nylon soluble et la méthylcellulose, l'alcool polyvinylique ou l'acétate de polyvinyle en émulsion et le sel sodique de carboxyméthylcellulose (CMC) ont été utilisées dans les travaux de conservation. Dans certains cas ces matériaux synthétiques ont remplacé les colles traditionnelles à base d'amidon ou de farine de blé. Certains de ceux-ci, tels que le nylon soluble, sont actuellement utilisés pour l'encollage.

Les diverses investigations scientifiques qui ont été menées pour étudier les causes de la détérioration ont montré que celle-ci était

provoquée essentiellement par un ou plusieurs des facteurs physico-chimiques ci-après:

1. Chaleur et exposition à la lumière.
2. Humidité dangereuse par son action d'hydrolyse et favorisant en outre l'attaque biologique et la détérioration dues aux champignons, aux insectes, etc.
3. Changements fréquents et prononcés de température et d'humidité.
4. Impuretés acides telles que celles qui sont présentes dans l'atmosphère des régions industrielles ou dans les poussières. De même les alcalis forts sont également dangereux et contribuent à la détérioration du papier: par exemple, les champignons se développent très facilement sur un papier alcalin.
5. Agents oxydants.
6. Présence de métaux lourds, même sous forme de traces. Ils catalysent la dégradation par oxydation, ainsi que la formation d'acide sulfurique à partir de l'anhydride sulfureux présent dans l'atmosphère.
7. Présence et emploi de produits d'encollage acides tels que l'alun et la colophane.
8. Présence et emploi d'encres acides.
9. Utilisation de fibres à basse teneur en cellulose et présence de matériaux non cellulosiques du type lignine qui sont souvent de nature acide ou donnent des dérivés acides en se décomposant. Ces matériaux non cellulosiques sont sensibles aux agents de détérioration tels que la lumière.

La détérioration provoquée par les divers agents énumérés ci-dessus – lumière, humidité, chaleur, poussières, insectes et acides – diffère de la détérioration due au vieillissement normal du papier. Tous les papiers, quels que soient leurs matériaux constitutifs, se détériorent avec le temps, même dans des conditions de conservation optimales. Cette détérioration peut simplement être limitée ou, au mieux, retardée. On peut faire échec à la détérioration due à tous ces facteurs en prenant des mesures préventives, et c'est en cela que consiste la conservation des documents.

Dès que la ou les causes de détérioration sont connues, il est possible d'empêcher, d'arrêter et de réparer les dégâts. De nombreux travaux ont été accomplis dans cette direction et les investigations en cours sont encore plus nombreuses. Il y a toute chance pour que les archives puissent être conservées convenablement et

protégées scientifiquement, ce qui n'était pas le cas dans le passé. Il est encourageant de constater que les institutions qui s'intéressent à la conservation de leurs fonds prennent des mesures pour identifier la cause de la détérioration, ainsi que la nature des dégâts infligés aux documents d'archives, en demandant l'aide de personnes ayant une formation scientifique. En fait, un certain nombre d'institutions telles que les National Archives aux États-Unis, le British Museum, les Archives nationales à Paris, les Archives nationales de l'Inde, le Bundesarchiv en République fédérale d'Allemagne, l'Archivio du Centro de Rome, etc., ont pris conscience de la gravité des dégâts et ont utilisé du personnel scientifique ou technique.

L'une des méthodes généralement utilisées pour identifier l'une des causes de détérioration, c'est-à-dire l'acidité, consiste à mesurer la teneur en acide libre dans le papier au moyen d'un *p*H-mètre Si le *p*H est faible, on peut considérer que la détérioration du document est due à une acidité excessive. La neutralité correspond à la valeur *p*H = 7, une valeur inférieure à 7 indique l'acidité, supérieure à 7 l'alcalinité. Le tableau ci-dessous indique le *p*H des documents conservés dans diverses institutions d'archives en Europe du XIV^e^ au XIX^e^ siècle. Certains papiers ayant un *p*H élevé sont encore en bon état. La mesure du *p*H permet également de se faire une idée des conditions du papier au cours des divers siècles. On constate notamment qu'à partir du XVIII^e^ siècle, lorsque des changements ont été opérés dans les méthodes de fabrication en raison d'une demande élevée pour l'édition, la valeur du *p*H diminue.

Ce type de détérioration, joint à d'autres observations telles que l'importance de la décoloration du papier, les dégâts provoqués

Période	*p*H	Période	*p*H
XIV^e^ siècle (1346)	6,9	XVII^e^ siècle (1661)	6,2
XV^e^ siècle (1449)	7,2	XVIII^e^ siècle (1779)	6,7
XVI^e^ siècle		XIX^e^ siècle	5,4
1515	7,2		
1563	5,9		

par les insectes, le développement de champignons fournissent certaines informations sur la nature de l'altération. Toutefois la tâche n'est pas aisée. Dans de nombreux cas ces dommages peuvent être absents et, pourtant, le papier peut être fragile. Ceci est dû au fait que l'une des conséquences de la détérioration est la rupture des molécules de cellulose dont dépend dans une large mesure la résistance matérielle d'un papier. La longueur des chaînes de cellulose de la molécule peut être déterminée chimiquement. Moins il y a de rupture dans la chaîne de cellulose, moins il y aura de perte de résistance.

Pour s'opposer à l'action nocive de l'acidité, on a recours à des mesures telles que la désacidification et le réencollage. Elles contribuent à rétablir la résistance du papier et à neutraliser l'acidité libre. Si le document n'a subi aucune autre atteinte, aucun traitement ne semble nécessaire; il faut simplement le conserver dans des conditions appropriées. Cependant, lorsque le papier est déchiré ou lorsqu'il devient fragile, la restauration est la seule solution. Dans ce cas la plupart des centres et institutions d'archives du monde entier utilisent actuellement les techniques de lamination qui mettent en œuvre une pellicule d'acétate de cellulose et d'un papier de soie soumis à l'action de la chaleur et de la pression dans une presse à plat ou dans une presse rotative ou au moyen d'un solvant comme dans le procédé indien; cette méthode est préférée aux anciennes méthodes de restauration au moyen d'une gaze de soie ou d'un papier de soie collé sur le document si l'écriture ne figure que d'un seul côté.

D'un autre côté, on s'est aperçu que des conditions de conservation appropriées assurent la longévité des documents d'archives. C'est ainsi qu'on a construit au Ghana, aux États-Unis, au Royaume-Uni et en Inde, de nouveaux bâtiments à l'épreuve des insectes; ils sont climatisés et disposent d'installations de conservation et de rayonnage appropriées; d'autres sont en cours de construction ou sont prévus, comme à Florence. Ces bâtiments sont conçus pour limiter les dégâts dus aux incendies et aux actes de guerre.

Lorsque la sauvegarde des documents d'archives a pris une place grandissante dans les préoccupations des professionnels et de l'administration, l'intérêt qu'ils accordaient aux travaux de restauration s'est également accru. Un certain nombre de problèmes sont à l'étude à l'heure actuelle. On espère que de nouvelles

méthodes, simples, peu coûteuses et plus efficaces, seront mises au point pour la protection des documents et matériaux d'archives. Toutefois le problème n'est pas aussi simple qu'il le paraît. Chaque document détérioré pose un problème particulier. Une méthode qui est satisfaisante pour un document ne l'est peut-être pas nécessairement pour un autre. Même si on l'applique avec prudence, en se fondant sur des essais conçus à partir de nos connaissances actuelles, on ne sait pas comment les matériaux utilisés se comporteront au cours d'une longue période dans des conditions normales de conservation. Cela s'explique par la variation des constituants du papier selon les époques et selon les progrès réalisés dans les procédés de fabrication, et leur comportement est aussi imprévisible que leur composition.

La manière dont un papier se détériore est très significative. La permanence et la durabilité sont les deux caractéristiques du papier. La permanence est la capacité du papier à conserver ses caractéristiques initiales, c'est la stabilité chimique, et la durabilité désigne l'aptitude du papier à supporter l'usage, c'est la stabilité physique.

La non-permanence des documents d'archives est fonction de la dégradation de la cellulose. En fait, comme il a été indiqué plus haut, la résistance mécanique d'un papier dépend en grande partie de la longueur des chaînes de cellulose de la matière fibreuse utilisée dans la fabrication du papier, et elle peut être déterminée chimiquement.

On s'est aperçu que certains matériaux protégeaient ou stabilisaient le papier et empêchaient sa dégradation. Les Égyptiens utilisaient, pour la momification, le natron, un carbonate de soude naturel non purifié; or, on a constaté que certaines bandelettes traitées avec ce produit avaient un espect étonnant de fraîcheur. L'état de ces bandelettes, vieilles de plusieurs milliers d'années, est une preuve incontestable de la stabilité de la cellulose en présence de composés modérément alcalins tels que le carbonate de soude. Néanmoins les essais de vieillissement accéléré ont montré que ce produit avait des effets nocifs sur le papier. Ces résultat est en contradiction avec son comportement au cours du vieillissement naturel lorsqu'il était utilisé sur les momies. Cela est un exemple d'un matériau qui a un comportement satisfaisant au cours du vieillissement normal, mais non au cours du vieillissement accéléré. Des situations de ce genre exigent une connaissance des maté-

riaux, une extrême prudence dans les appréciations et un emploi judicieux des solutions, matériaux et techniques de conservation et de restauration, ainsi qu'une évaluation des données d'essais afin d'éviter des erreurs.

La tâche est donc immense; elle exige en outre la connaissance de différentes branches de la science. Selon Roger Ellis, une personne qui se consacre à cette tâche doit être au courant des diverses méthodes de restauration des documents, ainsi que des avantages et des inconvénients de chacune d'elles. Elle doit étudier la gamme – qui s'élargit tous les jours – des matériaux servant de support aux documents, ou qui peuvent être utilisés pour les réparer ou les restaurer: papier et encres de toutes sortes, carton, parchemin, vélin, cuir, textiles, pellicules, plastique, adhésifs; elle devrait aussi savoir tout ce qui est connu sur leur comportement au cours de longues périodes et dans des conditions variables de conservation et d'usage. Pour toutes ces raisons il est nécessaire que cette personne ait certaines connaissances au moins en physique, en chimie, en architecture, en entomologie. Autrement dit, on s'est rendu compte qu'une personne ayant reçu une formation scientifique est un élément essentiel pour l'organisation d'un service d'archives et que l'évolution de la situation amène à rechercher les conseils des spécialistes et l'aide des scientifiques. Cette politique a porté ses fruits, comme le montre la quantité impressionnante de travaux réalisés depuis la deuxième guerre mondiale dans les domaines de la conservation et de la restauration par les institutions et les personnes qui se sont consacrées à cette tâche comme cela a été indiqué ci-dessus.

Ces recherches systématiques sont à la base de nos connaissances actuelles sur les matériaux constitutifs des documents d'archives. Grâce à cet acquis, les méthodes et les matériaux peu sûrs qui étaient en usage ont été éliminés. Les procédés et les matériaux utilisés pour la conservation et la restauration ont été standardisés et leur efficacité et leur longévité ont été analysées. On a souligné la nécessité de conserver les documents en se conformant aux meilleurs critères possibles. En effet, aucun document ne peut être conservé, même en suivant les meilleures méthodes, si les conditions de conservation sont mauvaises.

L'intérêt manifesté pour ces questions n'a pas fléchi. Au cours des dernières années, les recherches se sont développées dans de

nombreux centres et laboratoires du monde entier. Parmi ceux qui ont participé à ces travaux, on peut citer:

Barrow Research Laboratory, Richmond, Va. (États-Unis d'Amérique).

National Bureau of Standards, Washington, D.C. (États-Unis d'Amérique).

Institute of Paper Chemistry, Appleton, Wis. (États-Unis d'Amérique).

Graduate Library School, University of Chicago, Chicago, Ill. (États-Unis d'Amérique).

Empire State Paper Research Institute, Syracuse, N.Y. (États-Unis d'Amérique).

British Museum Research Laboratory, Londres (Royaume-Uni).

Imperial College, Londres (Royaume-Uni).

Laboratoire de cryptogamie et Centre d'étude sur la conservation des documents graphiques, Muséum national d'histoire naturelle, Paris (France).

Archives nationales, Paris (France).

Biblioteca Nazionale Centrale, Florence (Italie).

Istituto di Patologia del Libro, Rome (Italie).

International Council of Museums, Rome (Italie).

Timber Research Unit, Council for Scientific and Industrial Research, Pretoria (Afrique du Sud).

Archives nationales de l'Inde, New Delhi.

Council of Scientific and Industrial Research, Canberra (Australie).

Laboratoire de conservation et de restauration des documents, Leningrad (URSS).

Département d'hygiène et de restauration des livres, Moscou (URSS).

Bibliothèque nationale, Sofia (Bulgarie).

The Jewish National and University Library, Jérusalem (Israël).

Archives nationales de Malaisie, Petaling Jaya.

Archivschule, Marburg (République fédérale d'Allemagne).

Diverses institutions en Pologne, en Roumanie et en Yougoslavie.

Les résultats de ces travaux sont publiés dans des revues telles que:

Journal of the Society of Archivist (Royaume-Uni).

Archives: Journal of the British Record Association.

The American archivist (revue de la Society of American Archivist).

Indian archives (New Delhi).

Bulletin de l'Unesco à l'intention des bibliothèques.
Archivum (revue du Conseil international des archives, Paris).
The library quarterly (Chicago).
Journal of the National Bureau of Standards (États-Unis d'Amérique).
Deux nouvelles revues sont consacrées principalement à la conservation et à la restauration des archives: *Restaurator* (Copenhague, Danemark) et *Mitteilungen der Internationalen Arbeits gemeinschaft der Archiv, Bibliotheks- und Graphik restauratoren* (Fribourg-en-Brisgau, République fédérale d'Allemagne). Une autre revue *Bulletin d'information sur la pathologie des documents et leur protection aux Archives de France* a vu le jour en 1961, malheureusement, depuis plusieurs années, elle n'a pas donné signe de vie. Ces publications participent à la synthèse des informations et des travaux relatifs à la conservation des documents; de plus, elles contribuent à stimuler l'intérêt pour la conservation des œuvres écrites – notre héritage culturel du passé – à l'intention des générations à venir.

Les nouvelles recherches en cours portent sur la désacidification en milieu non aqueux des documents. Deux procédés sont à l'étude. la désacidification en phase vapeur, et le procédé de Chicago qui utilise le méthylate de magnésium. D'autres travaux méritent d'être cités: effet des insecticides sur le papier, méthodes et matériels de nettoyage; tenue des documents laminés en utilisant divers procédés et pellicules plastiques (à chaud et sous pression, en utilisant un solvant et à froid); évaluation des anciens procédés (à la gaze de soie, au papier de soie, renforcement d'un seul côté à l'aide des nouveaux adhésifs synthétiques seuls ou en mélanges pour accélérer les travaux de restauration); renforcement du parchemin; comparaison entre la gélatine et d'autres produits de collage; synthèse de nouveaux fongicides et insecticides puissants et efficaces; moyens pour raviver les écritures pâlies; micro-analyse de l'encre en vue d'établir sa composition sans endommager le document; traitement du papier avec certains polymères pour prévenir le développement des champignons; protection de la cellulose contre les détériorations dues à la lumière en utilisant des oxydes métalliques; restauration des papiers couchés; permanence des microfilms; moyens permettant d'empêcher la formation de « rouille » et de taches sur les films. Tous ces problèmes font l'objet de recherches.

Dans le domaine de la restauration, il est urgent de mettre au point une méthode qui permettra de renforcer les documents

fragiles ou endommagés avec le maximum de rapidité et de sécurité et dans les délais les plus brefs possibles. Une telle méthode devrait être en même temps peu coûteuse et simple.

C'est en grande partie à l'Unesco que revient le mérite de ces études et de ces recherches; grâce à l'appui qu'elle a accordé à certaines institutions, il a enfin été possible de coordonner les connaissances et les efforts de recherches des divers pays pour essayer de résoudre cet immense problème.

En raison de la grande variété des matériaux constitutifs des documents écrits et du grand nombre d'agents de détérioration, le problème de la conservation des documents est devenu très complexe. Il est donc indispensable de prendre des mesures contre ces agents avec patience et méthode et de n'utiliser que des matériaux dont les aptitudes ont été confirmées par un long usage ou ceux dont on a constaté, après des essais de laboratoire, qu'ils étaient efficaces et très peu nocifs. Même l'usage sans discernement de tels matériaux risque de provoquer plus de mal que de bien. En outre, ces travaux doivent être confiés a du personnel ayant reçu une formation technique et non à des personnes qui ne connaissent ni le matériau utilisé ni ceux qui composent le document. Par exemple, si le nettoyage de documents est confié à des personnes inexpérimentées, l'emploi de produits de qualité inférieure ou dans des proportions inexactes peut avoir un effet contraire au but recherché. En outre, si la désacidification est opérée d'une façon erronée, en utilisant une solution trop concentrée ou trop faible, ou en gardant le document en contact avec la solution pendant trop longtemps, les résultats risquent d'être désastreux. Si les travaux de conservation et de restauration sont exécutés d'une manière erronée, les résultats peuvent être contraires au but recherché, c'est-à-dire la conservation du document. Pour éviter de telles catastrophes, il est recommandé d'employer des personnes qualifiées ayant des connaissances techniques et scientifiques et qui ont reçu une formation poussée en matière de conservation et de restauration de documents.

Dans les pages qui suivent, les divers problèmes que pose la conservation des documents d'archives, y compris les microfilms, les bandes magnétiques et les enregistrements sonores, sont exposés et discutés. Le plan de cet ouvrage est le suivant.

1. *Matériaux constitutifs des documents.* Examen des matériaux qui ont été utilisés pour créer les documents: papyrus, parchemin, feuille de palmier, papier, encre, cuir, textiles et matières synthétiques. Un bref rappel historique permettra à l'archiviste, au bibliothécaire et au restaurateur de comprendre la nature de la détérioration qu'un document subit et l'effet des constituants de ces matériaux sur ses qualités de conservation.

2. *Détérioration: causes et remèdes.* Dans ce chapitre les causes de la détérioration des documents et les méthodes permettant d'y remédier ont été examinées sous trois sections: *a)* Détérioration biologique, c'est-à-dire détérioration causée par les micro-organismes, les insectes et les rongeurs, et mesures permettant de l'éliminer; *b)* Détérioration physique, c'est-à-dire détérioration provoquée par la chaleur, la lumière, l'humidité, etc., et mesures pour empêcher ou éliminer l'effet de ces agents; *c)* Détérioration chimique, c'est-à-dire détérioration causée par les acides présents dans le papier, l'encre, l'atmosphère, etc., et mesures pour faire échec à son action.

3. *Principes de réparation.* On examine comment les réparations doivent être effectuées, pourquoi elles doivent l'être et ce qu'il faut faire dans la pratique.

4. *Nettoyage, lavage et aplanissement.* Un très grand nombre de documents exige un traitement préliminaire pour assurer une bonne conservation. Description des méthodes de nettoyage, etc.

5. *Désacidification.* L'acidité est l'une des principales causes de détérioration du papier. Il est essentiel de l'éliminer des documents avant d'effectuer une restauration quelconque. Descriptions des méthodes permettant d'éliminer l'acidité résiduelle d'un document.

6. *Restauration.* Au cours des années un certain nombre de méthodes ont été mises au point et utilisées pour renforcer les documents fragiles. Certaines de ces méthodes sont manuelles et les plus récentes sont mécaniques et sont utilisées depuis de nombreuses années. Les mérites et l'utilité de chaque méthode sont décrits et examinés.

7. *Problèmes spéciaux.* I. On décrit ici les méthodes utilisées pour la réparation des cartes et des plans, des documents endommagés par l'eau, des documents brûlés, des documents sur parchemin et sur feuille de palmier, des sceaux, et pour l'entretien des reliures.

8. *Problèmes spéciaux.* II. Ce chapitre est consacré aux caractéristiques requises d'un petit atelier de restauration ainsi qu'aux matériaux et à leurs aptitudes pour la restauration et la conservation.

9. *Comment faciliter la conservation des documents.* De bonnes conditions de conservation, de service et de manipulation des documents contribuent à assurer leur tenue. Ces problèmes sont traités dans ce chapitre.

10. *Conservation des microfilms et des enregistrements sonores.* Les microfilms sont actuellement très largement utilisés à des fins de référence, et pour protéger les documents fragiles. Comme le papier, le microfilm pose des problèmes de conservation. On examine dans ce chapitre la conservation des films et des enregistrements sonores, y compris les bandes magnétiques.

On s'est efforcé d'illustrer chaque chapitre au moyen de graphiques ou de photographies.

Annexes et bibliographie. Six annexes donnent des détails techniques sur le matériel et les préparations destinés à la conservation des documents d'archives et la dernière propose une liste de fournisseurs de matériel de conservation. Une bibliographie d'articles et d'ouvrages sur la conservation des documents d'archives termine cette étude.

I Matériaux constitutifs des documents

Depuis les temps les plus reculés jusqu'à l'époque actuelle, la matière utilisée comme support de l'écriture a été très diverse. Tous les matériaux qu'on pouvait se procurer facilement ont été utilisés, à savoir le papyrus, la toile, le bois, les feuilles de palmier, le parchemin, le vélin et le papier. Parmi ceux-ci, le papier a fini par remplacer tous les autres.

Papier

Le principal constituant chimique du papier est la fibre de cellulose. Malheureusement, elle ne se trouve pas dans la nature à l'état pur. La cellulose pure est durable, mais, à l'état brut, les fibres de cellulose contiennent des graisses, des cires, de la lignine et d'autres impuretés qui sont nocives pour le papier et contribuent à le détériorer. Par conséquent, celles-ci doivent disparaître avant de pouvoir obtenir une fibre de haute qualité.

Les opérations qui ont pour but d'enlever ces substances dégradent la fibre de cellulose. Si elles ne sont pas exécutées dans des conditions satisfaisantes, elles affaiblissent la fibre et décomposent la cellulose en d'autres substances qui elles-mêmes dégradent le papier. La pureté initiale des fibres détermine largement le degré de permanence qu'on peut attendre d'un papier. La résistance physique du papier, c'est-à-dire sa durabilité, est fonction de la qualité et de la longueur de chaque fibre, ainsi que de la liaison de fibre à fibre.

Le fait que des livres et des documents qui ont plus de cinq cents ans et dont le papier est encore en bon état existent dans

les archives et les bibliothèques montre clairement que le papier, tel qu'il était fabriqué dans le passé, pouvait durer des siècles. Certains de ces papiers ont encore la qualité du papier neuf. Grâce aux efforts des archéologues, on a découvert un certain nombre de spécimens des premiers papiers; ils remontent jusqu'à 105 av. J.-C., époque à laquelle le papier a été inventé en Chine.

Les premiers fabricants de papier produisirent un papier qui s'est bien conservé. Il existe de nombreux témoignages dans la littérature qui montrent que des efforts considérables étaient déployés pour produire un papier de haute qualité. Cependant, une grande partie de leurs connaissances était obtenue d'une manière empirique.

Nous savons maintenant que les premiers papiers étaient fabriqués en écrasant des tiges de chanvre, des chiffons et des fils de lin dans des mortiers dans lesquels on ajoutait de l'eau afin d'obtenir une pâte onctueuse de fibres. On diluait ensuite cette pâte avec de l'eau jusqu'à la consistance appropriée, on la malaxait et on la versait sur une toile de lin tendue au fond d'une forme-châssis. On agitait cette forme dans toutes les directions pour que les fibres soient uniformément réparties. La majeure partie de l'eau s'échappait et une mince couche de fibres humides enchevêtrées se déposait sur la toile. Après séchage au soleil, la feuille était séparée de la toile de lin, coupée à la dimension voulue, et aplanie. Ultérieurement, la forme a été fabriquée avec des lamelles de bambou liées entre elles par des fils de soie. Les échantillons de papier fabriqués selon cette méthode sont encore en bon état de conservation; certains d'entre eux sont presque blancs, alors que d'autres se sont décolorés.

Ce procédé de fabrication du papier est toujours utilisé. De nos jours, pour fabriquer du papier à la main, on utilise une forme en bois munie de fils de laiton disposés parallèlement aux côtés du châssis, ou bien les fils sont tissés. La feuille de papier est retirée de la forme alors qu'elle est encore légèrement humide pour économiser les formes.

Le papier fabriqué de cette manière reçoit une couche de colle, animale ou d'amidon, pour lui conférer une plus grande résistance mécanique et les caractéristiques de surface requises. Cette colle empêche l'encre de s'étaler sur le papier et facilite la liaison entre les fibres.

On a continué de fabriquer du papier de pur chiffon jusqu'au XVII^e siècle. De même, jusqu'à cette époque, on n'utilisait aucune méthode pour blanchir ou camoufler les chiffons décolorés, car l'approvisionnement en chiffons propres et blancs, ou en débris provenant des ateliers de fabrication des vêtements, suffisait à répondre à la demande des fabricants de papier pour l'écriture et l'impression. Cette pratique explique que nombre de documents de cette période et des périodes antérieures sont encore dans un excellent état de conservation. Par la suite, l'emploi de chiffons neufs et de bonne qualité a été limité aux meilleurs types de papier d'écriture et d'impression, alors que les chiffons usés et décolorés étaient généralement employés pour la fabrication de papiers de qualité inférieure, tels que les papiers d'emballage, les papiers pour les cartoucheries, etc.

Vers la fin du XVII^e siècle, la demande de papier augmenta fortement et, bientôt, l'approvisionnement en chiffons blancs neufs fut insuffisant pour répondre aux besoins. En conséquence des chiffons de toute catégorie furent traités de diverses manières pour obtenir un matériau suffisamment blanc pour fabriquer le papier, et la qualité diminua. Même les bandelettes de lin des momies égyptiennes ont été vendues pour fabriquer du papier au XIX^e siècle. Outre la mauvaise résistance physique de la plupart de ces chiffons et bandelettes, un grand nombre contenait toutes sortes d'impuretés. Heureusement une partie de celles-ci était éliminée au cours des processus de fabrication, mais même avec les méthodes modernes de traitement, on n'obtient pas un papier résistant à partir de vieux chiffons.

L'emploi de chiffons de mauvaise qualité explique pourquoi certains papiers fabriqués après 1700 sont actuellement peu solides. L'emploi excessif de chlore comme agent de blanchiment est l'une des causes de la diminution de la qualité du papier. Le bleuissement du papier fabriqué à partir de chiffons jaunis et détériorés est une autre cause; le bleuissement conférait au papier jauni un aspect relativement blanc et il rendait possible l'emploi de chiffons de mauvaise qualité dans la fabrication des papiers d'écriture et d'impression. L'emploi d'alun comme ralentisseur a eu pour effet d'acidifier le papier.

PAPIERS MODERNES

Jusqu'en 1861, presque tous les papiers d'écriture de bonne qualité ont été fabriqués à l'aide de chiffons, car les méthodes chimiques nécessaires pour la transformation du bois et d'autres matériaux, tels que l'alfa et la paille, en une fibre de cellulose blanche et relativement pure n'étaient pas encore exploitées commercialement. A l'état brut, le bois, l'alfa, la paille, etc., sont des formes impures de cellulose et doivent subir un certain traitement chimique pour libérer la fibre sous la forme la plus appropriée permettant de fabriquer un papier de bonne qualité. Les fibres obtenues chimiquement sont assez longues, mais beaucoup plus courtes que celles du coton et du lin. D'après des recherches effectuées par le National Bureau of Standards des États-Unis, les sources de matières premières à partir desquelles la pâte est fabriquée ont une importance secondaire; par contre, le degré de pureté et le traitement ultérieur de la pâte au cours des opérations de fabrication du papier ont une importance primordiale dans la production de papiers durables.

Les méthodes modernes, sauf en ce qui concerne la pâte mécanique, appelée aussi pâte de bois broyé, consistent à cuire la matière première dans de grands récipients sous pression avec du bisulfite de calcium pour le procédé au bisulfite, de la soude caustique pour le procédé à la soude et un mélange complexe d'alcali caustique (en général un mélange de soude caustique et de sulfure de sodium) dans le procédé au sulfate. Ces méthodes permettent de séparer la fibre de cellulose des impuretés et d'éliminer ou de détruire la lignine et de laisser la cellulose relativement indemne de toute attaque. Une régulation très minutieuse de tous les facteurs est nécessaire pour produire une pâte de bonne qualité tout en faisant disparaître les substances indésirables qui, autrement, provoqueraient la décoloration et la détérioration prématurées du papier. Les opérations sont généralement complétées par un blanchiment au chlore. La pâte qu'on obtient est ensuite soigneusement lavée pour éliminer les substances produites au cours des opérations.

Le blanchiment est une opération importante au point de vue de la durabilité. Par exemple, s'il est trop énergique, la cellulose est dégradée. En outre, si les substances produites par son action sur les impuretés présentes dans la pâte ne sont pas éliminées,

elles accélèrent la détérioration du papier; la couleur de la pâte blanchie ne fournit aucune indication que ce phénomène est susceptible de se produire.

Le matériau fibreux, c'est-à-dire la pâte ainsi obtenue, est dilué avec de l'eau et on le fait macérer dans un raffineur pour obtenir des fibres d'une qualité papetière appropriée. Des variations dans la durée du raffinage et dans le réglage des lames et des platines du raffineur permettent d'obtenir à partir du même lot de pâte des papiers entièrement différents. Pendant le raffinage, les fibres se séparent complètement les unes des autres, elles s'hydratent dans une certaine mesure et elles sont coupées à la longueur voulue. Elles reçoivent en outre le type de surface approprié pour la qualité de papier à fabriquer. En général, un raffineur moderne est en fer et en acier et il risque donc d'ajouter de faibles quantités de fer à la pâte; ces légères additions de fer ont une certaine influence sur la durabilité du papier (voir chapitre 2).

Le raffinage présente une grande importance dans la fabrication du papier. C'est de cette opération que dépendent les caractéristiques du produit fini. Il joue donc un grand rôle pour déterminer sa durabilité et sa solidité. L'opération de collage interne qui s'effectue dans le raffineur est probablement le facteur le plus important en ce qui concerne la durabilité. On peut affirmer que le raffinage est une opération qui détermine la forme finale des fibres et donc les propriétés du papier.

Les produits de collage et d'autres, tels que les charges, sont alors ajoutés à la pâte dans le raffineur. On procède au collage en ajoutant une solution diluée de colophane à la pâte en la faisant précipiter sur les fibres au moyen d'alun. Le collage a pour but de lier les fibres entre elles et d'empêcher l'étalement de l'encre sur le papier. Il facilite également l'opération de feutrage au cours de la formation de la feuille sur la table de fabrication.

La combinaison alun-colophane augmente l'acidité du mélange. Si l'alun est en excès, le papier fini a un taux d'acidité indésirable et de mauvaises aptitudes au vieillissement. Par conséquent, l'opération du collage doit être minutieusement contrôlée afin d'obtenir un papier ayant la résistance maximale, compte tenu d'un taux d'acidité acceptable. On utilise, dans la fabrication du papier, de l'eau ne contenant pas de fer et de l'alun pour empêcher la décoloration au stockage.

La pâte ainsi préparée dans le raffineur est diluée jusqu'à la consistance correcte pour passer sur la machine à papier et produire un papier fini ayant l'épaisseur requise. Elle passe alors sur une toile métallique animée de vibrations qui égoutte la pâte et enchevêtre les fibres. La feuille est entraînée par la toile métallique vers les rouleaux sécheurs où elle est pressée et séchée.

Fréquemment les papiers de haute qualité pour archives passent, après finition, dans un bain chaud de colle animale ou d'amidon dilué pour augmenter la résistance et améliorer les qualités de surface et d'effaçage. Ce collage est relativement durable et n'a pas d'effet nocif sur le papier.

Le papier ainsi fabriqué à la machine est beaucoup plus lisse et régulier que le papier fait à la main et, en outre, il a un grain beaucoup plus prononcé.

Les recherches ont montré que le blanchiment au chlore (et à d'autres produits) et l'utilisation d'alun pour le collage interne sont les principaux facteurs responsables de la forte acidité du papier moderne. Les anciens papiers contenaient des composés alcalins par suite de l'emploi: *a)* d'une lessive faite à partir de cendre de bois pour blanchir les chiffons; *b)* d'eau calcaire utilisée dans la fabrication du papier; *c)* de chaux pour blanchir la pâte. W. J. Barrow a supprimé ce défaut des papiers modernes. Il a fabriqué un papier à partir de fibres chimiques de bois longues, résistantes, bien fournies, lui ajoutant de l'aquapel (non acide) et une charge de carbonate de calcium. Ce papier est alcalin et supporte les encres acides et la pollution atmosphérique.

Lorsqu'on choisit des papiers pour des archives permanentes, il est souhaitable de procéder à un examen minutieux, physique et chimique, du papier afin de se faire une idée de sa durabilité et de sa permanence.

La durabilité du papier est déterminée le plus souvent par des essais physiques. On s'efforce de simuler les tensions et les contraintes que subit dans la réalité le papier d'un livre lors du pliage de la feuille et lorsqu'elle est soumise à des forces de traction et de déchirement. La permanence du papier est liée à ses propriétés chimiques, à la qualité des fibres et au procédé de fabrication. Les essais chimiques ont pour but de déterminer l'acidité du papier, la pureté de la pâte et le comportement

prévu au cours du vieillissement. Le dernier de ces essais, c'est-à-dire le vieillissement, est une combinaison d'essais mécaniques et chimiques (voir annexe 1).

Ces essais ont montré que les types de papier ayant la plus grande durabilité sont ceux fabriqués à partir de pâtes présentant les caractéristiques suivantes: viscosité à l'oxyde de cuivre amoniacal élevée, teneur en alpha-cellulose élevée, indice de cuivre faible, teneur en lignine faible, teneur en pentosan et en gamma-cellulose faible. Autrement dit les facteurs qui favorisent la permanence du papier sont: *a)* la pureté de la pâte de cellulose; *b)* une solidité initiale élevée; *c)* l'absence de charges; *d)* une acidité minimale et, mieux encore, l'absence d'acidité; *e)* une quantité minimale de résidus chimiques; *f)* une faible teneur en colophane.

Pour que le produit fini ait les qualités désirées, un certain nombre de variables doivent être contrôlées et prises en considération, à savoir le type de fibres utilisées, l'importance de la cuisson et du blanchiment, le degré de liaison entre les fibres, facteurs qui déterminent dans une large mesure les propriétés physiques du papier. D'autre part, le traitement des fibres, la formation de la feuille sur la toile métallique, le traitement humide, les méthodes de séchage, le calandrage, ont une incidence sur le degré de liaison.

Les pratiques et les techniques modernes de fabrication du papier permettent d'obtenir un papier de bonne qualité à partir de n'importe quelle fibre. A cet effet, il existe dans presque tous les pays des normes pour les différentes qualités de papier.

Feuille de palmier

L'écriture sur les feuilles de palmier s'est pratiquée jusqu'au XIX^e^ siècle, voire même plus tard dans certaines régions de l'Inde et de Sri Lanka. Il existe deux types de palmier, le *Talipat* et le *Palmyra*. Les feuilles de ces deux variétés ont été très largement utilisées pour l'écriture dans le sud de l'Inde et, dans une certaine mesure, dans le nord de l'Inde et dans les pays voisins tels que la Sri Lanka, la Birmanie et la Thaïlande. De nombreux échantillons d'archives écrites sur ces matériaux existent chez des

collectionneurs et des institutions au Royaume-Uni, en Allemagne, en Inde, à Sri Lanka, en Birmanie, en Thaïlande, au Népal, au Japon et dans certains autres pays.

PRÉPARATION DES FEUILLES

Les feuilles de ces palmiers utilisées pour l'écriture sont préparées d'une manière ingénieuse. Des bandes de 40 à 90 centimètres de long et de 4 à 7,5 centimètres de large sont d'abord découpées dans la feuille. On les fait bouillir dans de l'eau ou du lait. On enlève alors, avec un couteau, toute excroissance anormale. Les feuilles sont ensuite polies puis frottées avec de l'huile de sésame sur toute leur surface pour les rendre aptes à l'écriture et les bandes sont coupées à la longueur requise; comme nous le savons, l'uniformité concerne plutôt la longueur que la largeur. Ces feuilles sont minces et rigides, mais elles sont lisses; certaines sont tout à fait souples. On y écrit au moyen d'un stylet ou d'un crayon de métal qui creuse un sillon dans la feuille. Toutefois certaines feuilles de *Talipat* sont écrites avec une encre au carbone. Pour que l'écriture réalisée par incision de la feuille soit visible, on frotte sur toute sa surface une encre préparée à partir d'huile et de charbon de bois, ou à partir d'un pigment noir mélangé à de l'eau. Cette opération rend les lettres visibles et distinctes. Une telle écriture ne peut être effacée. Deux trous sont pratiqués aux deux extrémités des feuilles qui sont réunies ensemble au moyen de cordes passées par les trous et fixées entre deux planches de bois. Elles sont enfin enveloppées dans une toile, en général rouge ou jaune.

Les deux variétés de feuilles peuvent être facilement distinguées: les feuilles de *Talipat* sont minces, larges et possèdent un réseau de veines très apparentes; leur largeur varie de 4 à 8 centimètres et l'amincissement depuis le centre vers les bords est progressif; elles servent de support à une encre au carbone. Les feuilles du *Palmyra* sont épaisses, rugueuses et ont un aspect grêlé; leur largeur varie de 3 à 5 centimètres; l'écriture se fait au moyen d'un stylet. Ces feuilles ont été utilisées pour l'écriture beaucoup plus tard, aux environs de 1675 apr. J.-C. Elles deviennent foncées en vieillissant et la reproduction des spécimens anciens présente des problèmes très complexes.

Écorce de bouleau

Un certain nombre de manuscrits sur écorce de bouleau existent encore en Inde, au Népal et dans certaines institutions dans le monde qui s'intéressent à la collecte et à la conservation des documents. Les plus anciens documents qui existent encore dateraient de 450 apr. J.-C. Ils servent de supports à une écriture brahmanique; ils ont été découverts en 1889 au Turkestan oriental.

Comme les feuilles du *Talipat*, ils sont oblongs et ont un trou pour le passage d'une cordelette. Les manuscrits sur écorce de bouleau existent en deux dimensions: 28,5 × 6,5 cm et 23 × 5 cm environ. Ils se présentent sous la forme typique indienne de *pothi*, c'est-à-dire que les feuilles séparées sont réunies sous forme de liasses entre deux planchettes de bois serrées par une cordelette qui passe dans un trou pratiqué dans les feuilles.

Les manuscrits du x^e^ et du xi^e^ siècle sont plus larges. Ils ont environ 17,5 × 10 cm et ne possèdent pas de trou pour le passage d'une cordelette. Les manuscrits de la période postérieure ont la forme d'un livre moderne, c'est-à-dire qu'ils sont pliés par le milieu pour former un cahier de deux feuilles ou de quatre pages.

Les feuilles d'écorce se composent de plusieurs couches minces et sont préparées de diverses manières. En général des morceaux d'écorce d'environ 90 × 20 cm sont découpés sur le tronc. Ils sont ensuite martelés pour obtenir une surface dure qui est ensuite huilée et polie pour se prêter à l'écriture. L'écorce est durable et elle n'est pas attaquée par les insectes, car l'huile de bouleau est un produit naturel de conservation.

Papyrus

Le papyrus constituait le principal support de l'écriture des anciens Égyptiens et les rouleaux de papyrus sont représentés dans les sculptures de nombreux temples. Il sert de support à des documents remontant à l'antiquité. Certains sont en feuilles, d'autres en rouleaux.

La fabrication de ce support, telle qu'elle était pratiquée en Égypte, a été décrite par Pline. La technique est la suivante:

Des bandes sont découpées dans la tige du *Cyprus papyrus* et disposées côte à côte selon la largeur requise. Une autre couche de bandes plus courtes est ensuite placée perpendiculairement par rapport aux premières. Les deux couches sont ensuite immergées dans l'eau (d'après Pline, l'eau du Nil était utilisée à cette époque), martelées pour former une feuille, puis séchées au soleil. Les deux couches forment une « résille » et confèrent une structure tissée à la feuille. La couche supérieure constitue le recto, la couche inférieure le verso.

Après séchage, la feuille est lissée et polie soit avec de l'ivoire, soit avec de la pierre ponce, ou avec un coquillage. Plusieurs feuilles sont réunies pour former un rouleau. L'encre utilisée était probablement à base de colle, de noir de fumée et d'eau.

La largeur du rouleau a varié avec les époques. Elle est passée de 15 à 45 centimètres entre la préhistoire égyptienne et les époques postérieures. Il en fut de même de la longueur. Il existe des rouleaux atteignant jusqu'à 30 mètres, mais ils sont rares.

Le papyrus était en usage dans les pays méditerranéens. Au cours de la période romaine, il était universellement employé pour la correspondance et les documents juridiques. Comme support de l'écriture, il a peu à peu cédé la place au parchemin et au vélin et il a cessé d'être utilisé aux VIII^e^ et IX^e^ siècles lorsque la fabrication du papier s'est développée. Toutefois, il est possible qu'il ait été fabriqué en Égypte jusqu'en 1050 apr. J.-C. Le papyrus a été utilisé pendant quatre mille ans. Il ne pouvait survivre aux climats humides. Les échantillons qui subsistent doivent être enfermés en lieux sûrs. Dans les bibliothèques et autres institutions on ne trouve généralement que des fac-similés.

Parchemin et vélin

On commence à noter l'emploi des peaux vers 200 av. J.-C. Leur usage est général en l'an 1 apr. J.-C., mais elles n'ont pas détrôné le papyrus. Les plus anciens spécimens conservés datent de 100 apr. J.-C. A partir du IV^e^ siècle l'emploi du papyrus a décliné et les peaux furent largement utilisées comme supports de l'écriture. Les peaux de mouton, de veau et de chèvre étaient le plus souvent utilisées, mais d'autres animaux ont aussi été mis à contribution. Au fil des ans, le terme « parchemin »

a fini par désigner la peau obtenue à partir du mouton et de la chèvre, alors que « vélin » désignait une belle qualité de peau de veau, d'agneau ou de chèvre. Plus l'animal était jeune, meilleure était la peau. En fait le vélin est le matériau utilisé dans les magnifiques livres du moyen âge.

Le parchemin est un matériau très résistant, analogue au papier; le vélin est plus fin, plus mince, plus blanc et plus lisse que le parchemin ordinaire. Ces deux matériaux sont solides, résistent aux déchirures, supportent une utilisation considérable sans détérioration et constituent des matériaux propres à l'écriture ou à l'impression. Le parchemin n'offre pratiquement aucune résistance à la plume. Il est presque blanc et peut être écrit recto-verso. Le côté chair est un peu plus foncé, mais il conserve mieux l'encre. Le vélin est cher; le côté « fleur » est légèrement plus foncé et jaune, tandis que le côté chair est généralement presque blanc. Avant que ne se généralise la fabrication du papier, le parchemin et le vélin étaient communément utilisés dans la fabrication des livres. Plus tard leur emploi a été limité à certains documents importants.

La peau de l'animal (mouton, agneau, bouc ou veau), est d'abord débarrassée du poil et de la laine, elle est lavée puis plongée dans une fosse à chaux, puis étendue sur un cadre; on enlève alors le poil ou la chair qui restent encore attachés. Elle est ensuite humidifiée, recouverte de chaux en poudre et frottée à la pierre ponce. On laisse ensuite sécher la peau sur le cadre. Toutes ces opérations sont très soigneusement exécutées pour obtenir une peau d'une structure appropriée sur laquelle on peut écrire des deux côtés.

Bien que le parchemin et le vélin soient plus résistants que le papier, ils sont néanmoins très sensibles à l'humidité; en fait, ils sont plus sensibles que le papier aux variations atmosphériques. La plupart des documents sur parchemin sont écrits avec une encre au sulfate de fer et à la noix de galle qui a pâli avec le temps et qui est de couleur brune.

La disposition des feuilles de parchemin et de vélin est, pour l'essentiel, la même que dans les livres modernes. Toutefois, pour avoir une teinte uniforme, le côté fleur est placé au voisinage du côté fleur et le côté chair au voisinage du côté chair lorsqu'on compose les feuillets d'un volume. Les peaux qui sont écrites du côté fleur sont parfois très facilement décelables dans les

fac-similés et quelquefois difficiles à reproduire, la structure rugueuse masquant les déliés de l'écriture.

Cuir

La peau de divers animaux, tels que le bouc, le mouton, la vache, l'agneau etc., ont été utilisés pour la reliure depuis les temps les plus reculés. Même à l'époque préhistorique, l'homme savait comment utiliser les peaux des animaux et comment les conserver. Nous savons maintenant que les peaux sont conservées soit par un traitement à la chaux, dont il a été question à propos du parchemin et du vélin, soit en les transformant en cuir par traitement chimique et tannage. Un autre procédé de conservation des peaux consiste à les traiter à l'alun. Les peaux traitées de cette manière sont appelées des peaux mégies.

Il existe deux types de cuir: le cuir à tannage végétal et le cuir à tannage minéral. Dans le tannage végétal on traite les peaux avec des extraits d'écorce de chêne et de pin. Les tanins qui se trouvent dans la solution réagissent avec les protéines de la peau et la transforment en cuir. En fait les opérations sont complexes: les peaux sont lavées, et l'on enlève le poil par un traitement à la chaux et l'on râcle l'épiderme; elles sont alors immergées dans une solution d'écorces et les opérations suivantes comprennent le séchage, la finition, le polissage, le grainage, etc. L'ensemble des opérations dure généralement plusieurs mois.

Le tannage végétal donne un cuir résistant à l'eau, souple, et pouvant être façonné artistiquement. Il résiste à la décomposition et à l'action des acides. La peau retient des non-tanins protecteurs qui empêchent la décomposition par le bioxyde sulfurique. Certains cuirs tannés à une époque ancienne sont très bien conservés. Les non-tanins sont des sels organiques solubles dans l'eau qui se déposent dans le cuir au cours du processus de tannage.

Au XIX^e^ siècle, pour répondre à la demande accrue de cuir, l'opération de tannage a été raccourcie de plusieurs mois à quelques jours. Ce gain de temps est devenu possible grâce à l'emploi d'acide sulfurique et d'acide acétique qui dissolvent les non-tanins et laissent des sels nocifs dans le cuir où ils pro-

voquent des moisissures et la décomposition des reliures. Une grande partie des reliures en cuir du XIX^e^ siècle qui se trouvent sur les rayonnages des dépôts d'archives et des librairies dans le monde en témoignent.

Le tannage minéral, notamment le tannage au sel de chrome, donne un cuir durable de bonne qualité, mais qui manque de souplesse et ne convient pas pour la reliure. Parmi les divers types de cuir utilisés à cet effet, le meilleur est la peau de chèvre obtenue après tannage végétal (généralement désignée sous le nom de cuir du Maroc, du Niger, du Cap ou de Perse) et le cuir de veau; cependant, un certain nombre d'autres variétés de peaux (mouton, porc, vache, imitation chèvre, etc.) ont été utilisées à cette fin, mais elles ne sont pas durables.

Du point de vue de la conservation du cuir, le facteur le plus important est le procédé de tannage. Un cuir non traité se conserve mal, moisit, et est extrêmement sensible à l'humidité. Le tannage rend le cuir souple, résistant à la décomposition ou à la dégradation bactérienne (spécialement lorsqu'il est humide) et il améliore sa résistance à la traction ainsi que d'autres caractéristiques.

Néanmoins, comme le papier et la feuille de palmier, le cuir est sensible aux conditions climatiques extrêmes et à la pollution atmosphérique.

Textiles

Les textiles utilisés pour l'écriture sont généralement obtenus à partir de fibres végétales telles que le coton, le lin et le chanvre. Il ne semble pas que la soie et la laine aient été utilisées pour les documents d'archives. Les textiles fabriqués à partir de matériaux contenant de la cellulose se conservent parfaitement et résistent à la détérioration normale; cependant, ils sont facilement attaqués par les insectes et les agents biologiques.

Encres

L'encre est l'un des constituants les plus importants des documents d'archives. Elle a été utilisée, sous une forme ou sous une autre,

pour écrire sur le papier, le parchemin, le vélin, la feuille de palmier et d'autres matériaux analogues, depuis l'époque où l'homme a ressenti le besoin de consigner par écrit les progrès qu'il réalisait. Elle continue encore à être indispensable pour la création d'archives et pour les travaux de la vie courante.

On peut définir l'encre comme un milieu liquide au moyen duquel des mots ou des caractères sont déposés ou inscrits sur du papier ou un matériau analogue d'une manière plus ou moins permanente. En outre, c'est un liquide limpide qui ne contient aucune matière en suspension, qui est mobile mais qui ne s'étale pas, qui a une couleur intense et durable (qualité essentielle d'une bonne encre), qui est sans odeur et n'a qu'une faible acidité.

ENCRE AU CARBONE

L'encre au carbone a été largement utilisée pour l'écriture jusqu'au XIX^e^ siècle et elle est encore préférée pour les travaux nécessitant une certaine finesse. Son emploi s'est répandu dans le monde entier, particulièrement en Orient.

Elle est fabriquée à partir de noir de fumée ou de suie; le pigment est maintenu en suspension dans l'eau au moyen de colle, de gélatine ou de gomme. Une telle encre est durable et n'a aucun effet nocif pour le matériau qui sert de support. Elle est désignée en anglais sous le nom d'« encre indienne ». Une encre analogue à l'encre indienne, mais à l'état solide, est désignée sous le nom d'encre de Chine [1]. Ces encres sont à base de carbone et sont de couleur noire.

ENCRE A BASE DE SELS DE FER ET DE NOIX DE GALLE

Bien qu'elles soient permanentes, les encres au carbone peuvent facilement être effacées avec un tampon humide, notamment sur du parchemin ou du vélin. Pour remédier à ce défaut on a

1. En français, on utilise l'expression « encre de Chine » aussi bien pour l'encre liquide que pour l'encre solide.

inventé l'encre aux sels de fer et à la noix de galle pour écrire sur ces matériaux.

Une telle encre est une combinaison de sels de fer (« vitriol vert » ou « couperose verte », c'est-à-dire sulfate de fer) mélangé à une infusion de tanin obtenu à partir de la noix de galle. L'encre elle-même n'a qu'une très faible coloration et ne peut être utilisée telle quelle. Avec le temps une oxydation graduelle se développe et une couleur bleu-noir apparaît. Cette encre présente une tendance naturelle à former un précipité et l'on y remédie par l'addition de substances telles que la gomme arabique.

On a constaté qu'après l'écriture, l'oxydation de l'encre sur le papier ou le parchemin se poursuit. Au cours de ce processus, l'encre se fixe d'une manière indélébile sur ces matériaux selon la teneur en tanin et en sel de fer. Des écritures de ce genre sont restées lisibles pendant des siècles, mais elles sont passées du noir au brun. L'éclaircissement est dû à des produits chimiques résiduels présents dans le papier et à l'action de la lumière.

L'oxydation de l'encre se traduit par la formation d'acide. Cette réaction, de même que la présence d'acide chlorhydrique ou sulfurique qui, dans le passé, étaient ajoutés à l'encre pour améliorer sa fluidité, a un effet nocif sur la papier. Parfois l'acide a perforé le papier et souvent traversé le document de part en part. Dans certains cas, même les feuilles voisines sont contaminées. Il existe de nombreux exemples de dégâts de ce genre dans presque tous les dépôts d'archives. Toutefois les manuscrits sur vélin n'ont pas été endommagés, probablement en raison de leur nature alcaline.

De nos jours on ajoute une matière colorante appropriée, généralement bleue, qui donne une encre bleue au moment où l'on écrit, qui devient bleu-noir par oxydation ou vieillissement. La matière colorante n'a pratiquement pas d'influence sur la résistance de l'encre au lavage, mais elle donne une coloration franche et agréable à l'écriture.

Un grand nombre de matières colorantes ont été utilisées dans ce domaine. La première a été l'extrait de bois de campêche. Il améliore la couleur des encres à la noix de galle et, lorsqu'on le chauffe avec du chromate de potassium, il donne une solution bleu foncé qui produit une encre satisfaisante. Verdâtre au moment où l'on écrit, l'encre devient noire en séchant.

L'indigo a été utilisé ensuite. C'est une matière colorante qui augmente l'intensité de l'encre. Il a été remplacé par les couleurs d'aniline qui sont devenues les constituants communs des encres à la noix de galle. Le bleu de naphtalène est l'une des matières colorantes les plus généralement utilisées dans l'industrie des encres.

Ces encres sont plus ou moins permanentes et elles contiennent du fer sous la forme de sulfate ferreux. La proportion de sulfate ferreux varie avec le type d'encre désiré: encre permanente pour archives, encre ordinaire pour écriture et encre pour stylo. Diverses formules d'encre figurent à l'annexe 2.

Les caractéristiques générales d'une bonne encre sont les suivantes:

Elle doit permettre une écriture permanente qui doit devenir relativement noire au bout de quelques jours.

Elle doit s'écouler rapidement d'une plume et pénétrer parfaitement dans les fibres du papier sans traverser celui-ci.

Elle ne doit pas se gélatiniser ou moisir dans l'encrier.

Elle doit avoir une action corrosive minimale sur les plumes d'acier.

Elle doit être fluide et ne pas sécher trop vite.

Encres modernes

ENCRE POUR STYLO

Les encres à la noix de galle sont très largement utilisées pour les archives lorsqu'on recherche la durabilité, mais elles ne peuvent être utilisées dans les stylos de bonne qualité, car les acides qu'elles contiennent détruisent la plume. Elles ont été presque entièrement remplacées par des solutions de colorants synthétiques dépourvues d'acides et qui possèdent le même pouvoir colorant que les encres modernes à base de sels de fer et de noix de galle.

D'autres matières colorantes sont utilisées, à savoir, le noir de nigrosine, la fuschine, l'orange brillant R, le jaune de naphtol et le vert diamant. Cependant, ces encres ont une mauvaise résistance à la lumière; elles ne sont donc pas permanentes. Elles sont solubles dans l'eau et dans d'autres solvants; il en

résulte que le trait s'élargit dans des conditions d'humidité. Pour pallier ces défauts certains colorants substantifs ont été utilisés; ils se fixent sur la fibre en séchant. Ces encres sont fortement alcalines (*p*H 12 à 13) et résistent à la lumière.

ENCRE POUR STYLO A BILLE

Les stylos à bille ne fonctionnent pas bien avec les encres à base de noix de galle qui sont acides et épaisses. Les encres utilisées pour les stylos à bille sont fabriquées à partir de colorants solides (en général basiques). Il s'agit en fait de solutions de ces colorants dans des solvants huileux; leurs formules sont des secrets jalousement gardés par les fabricants de stylos.

Toutefois ces encres ne sont pas permanentes. Elles sont solubles dans l'alcool et dans d'autres solvants organiques et peuvent être effacées facilement. D'autre part, elles ne pénètrent pas facilement dans le papier; on peut donc les faire disparaître aisément par lavage à l'alcool ou à l'aide d'une gomme.

Certaines encres récentes sont permanentes en ce sens qu'on ne peut les effacer à l'aide d'une gomme sans endommager la surface du papier, ce qui ne peut passer inaperçu. Elles donnent des résultats satisfaisants.

ENCRES D'IMPRIMERIE

Les encres d'imprimerie sont constituées par une suspension de pigments en proportion variable dans un vernis. La proportion de vernis varie de 70 à 78%, celle du pigment dépend dans une large mesure de la nature des travaux requis. L'huile de lin cuite est généralement utilisée comme vernis; c'est une huile siccative, qui, en raison de l'oxydation due à la cuisson, se solidifie et forme un vernis. Les pigments généralement utilisés sont les suivants: *a)* noir de fumée ou carbone amorphe pour les encres noires; *b)* blanc de baryte, oxyde de zinc, oxyde de titane et oxyde d'antimoine pour les encres blanches; *c)* jaune de chrome et chromate de zinc pour les encres jaunes; *d)* vermillon (Hgs), chrome écarlate et maddar (alizarine) pour les encres rouges; *e)* outremer et bleu de Prusse pour les encres bleues.

Ces encres sont permanentes et ont une longévité supérieure à celle du papier sur lequel elles sont utilisées.

ENCRE POUR MACHINES A ÉCRIRE

Les documents dactylographiés, spécialement les doubles, occupent une place de plus en plus grande dans les dépôts d'archives. Ils seront peut-être un jour plus nombreux que les documents imprimés et manuscrits. Les encres pour machines à écrire sont solides à la lumière, à l'effaçage et aux solvants. Le ruban d'une machine à écrire est fabriqué au moyen d'un tissu mince et solide imprégné d'une base huileuse contenant des colorants solubles dans l'huile ou des pigments insolubles. Le pigment noir est généralement une forme de carbone et c'est pour cette raison que les rubans noirs offrent toujours toute garantie du point de vue de la permanence. L'encre, qui se trouve en suspension dans un milieu huileux, pénètre lentement dans le papier. Après deux ou trois jours, il est difficile de l'effacer avec une gomme sans endommager le papier.

Les premières encres utilisées étaient constituées par des solutions concentrées de couleur d'aniline dans de l'alcool ou de l'eau. On ajoutait une petite quantité de glycérine pour empêcher l'encre de sécher trop rapidement. Les encres actuelles pour rubans de machines à écrire sont presque identiques aux encres d'imprimerie et les pigments insolubles sont largement utilisés.

ENCRE POUR PAPIER CARBONE

Lorsqu'on désire un petit nombre de copies, on utilise généralement du papier de soie imprégné avec une encre spéciale qui se compose d'une cire contenant du noir de fumée, ou de colorants solubles dans la cire, déposés sur un papier mince et résistant. L'impression « au carbone » laissée par les caractères de la machine à écrire sur le papier peut être enlevée facilement avec une gomme à crayon. Comme elle est noire, cette encre est solide à la lumière.

ENCRE POUR STENCILS

Lorsqu'on désire un plus grand nombre d'exemplaires, on a recours au tirage sur stencils. Les encres utilisées dans ce cas ont des caractéristiques spéciales. Elles glissent facilement sur le rouleau, n'empâtent pas le stencil, et sèchent rapidement sur le papier. Le pigment ne se sépare pas de son support, soit sur les rouleaux, soit sur le papier. Pour obtenir ces qualités, on utilise soit une huile volatile, soit une huile végétale, ou un hydrocarbure d'une viscosité appropriée.

Colles

Dans les dépôts d'archives, l'emploi de colles appropriées est important pour la conservation des documents. Les colles généralement utilisées sont la colle de pâte, à base de farine ou d'amidon, et la colle forte. Ces colles sont utilisées pour la reliure des documents et, le cas échéant, pour renforcer les feuilles fragiles, détériorées ou déchirées. Tous les dépôts d'archives ont des documents sur lesquels ces colles ont été utilisées pour la réparation et la reliure. On trouvera à l'annexe 3 quelques formules de colles.

Au cours de ces dernières années, un certain nombre de colles du commerce prêtes à l'emploi sont devenues disponibles. La plupart sont de composition incertaine et des documents réparés à l'aide de ces colles ont parfois donné des signes de dégradation; cependant, des préparations très soignées de polyvinyle à base d'alcool donnent une sécurité suffisante et elles sont actuellement en usage dans de nombreux dépôts d'archives du monde entier.

Matériaux synthétiques

Depuis une époque récente, on utilise de plus en plus des matériaux synthétiques, soit pour remplacer le cuir des reliures qui est coûteux, soit pour protéger les reliures en toile. Les matières les plus généralement utilisées sont le chlorure de polyvinyle, le chloro-acétate de vinyle et l'acétate de polyvinyle. Les deux premiers sont instables; ils jaunissent avec le temps et se décom-

posent pour donner du chlore ou des chlorures qui sont nocifs pour les documents d'archives. L'acétate de vinyle est relativement plus stable et semble avoir une tenue satisfaisante. D'autres matériaux synthétiques ont été ou sont actuellement utilisés: la pellicule d'acétate de cellulose pour la restauration des documents et la carboxyméthylcellulose, le nylon soluble et la méthylcellulose pour les travaux de collage et de réparation.

2 Détérioration: causes et remèdes

Selon la nature et les conditions de l'environnement, le papier est soumis à des attaques provenant de différentes sources. On sait que la chaleur, la lumière solaire, l'humidité et les poussières endommagent le papier et altèrent ses propriétés. De même, les gaz, acides et autres, présents dans l'atmosphère, ainsi que les produits chimiques nocifs ajoutés en cours de fabrication, ont un effet défavorable sur la durée de conservation du papier.

Les agents de détérioration du papier peuvent être classés en trois grandes catégories: *a)* agents biologiques; *b)* agents physiques; et *c)* agents chimiques. Dans la phase initiale, la dégradation est assez lente et risque d'échapper à l'examen, sauf si l'on exerce une vigilance constante.

D'autres facteurs sont une cause de détérioration des documents d'archives: catastrophes naturelles, telles que les inondations et les incendies, actions de l'homme telles que les émeutes, la destruction délibérée et les manipulations brutales. Il faut y ajouter aussi l'emploi de mauvaises méthodes de conservation et de restauration, résultant soit d'un manque d'information, soit de l'utilisation de procédés et de matériaux périmés.

On peut s'opposer à cette détérioration en appliquant des méthodes scientifiques qui ont été mises au point récemment et qui sont actuellement perfectionnées grâce aux recherches et aux investigations qui se poursuivent dans les diverses institutions qui se sont consacrées à ce problèmes dans le monde entier.

Détérioration biologique

Les agents biologiques causent les plus graves dégâts dans les pays tropicaux. Dans les pays tels que les États-Unis d'Amérique, et dans les régions à climat froid, le problème n'est pas aussi grave. Cela ne signifie pas qu'il ne se pose pas dans les bibliothèques ou dans les centres d'archives de ces pays, car la plupart des matériaux constitutifs des archives sont particulièrement sensibles aux dégâts dus aux agents biologiques. Il est donc souhaitable de prendre conscience de l'infestation par des agents biologiques tels que champignons, bactéries et insectes dont on a pu observer les dégâts qu'ils causent aux documents d'archives.

CHAMPIGNONS

Les champignons sont l'un des agents biologiques les plus importants. Associés aux bactéries, ils sont désignés sous le nom d'agents microbiologiques.

Ces champignons décomposent activement la cellulose. Un grand nombre d'entre eux forment, en outre, des pigments qui apparaissent sous forme de taches jaunes, brunes et noires. Cependant, certains forment des colonies incolores, mais cette pigmentation peut aussi être due à la présence d'agents inertes, tels que le fer et la lignine. La plupart de ces champignons détruisent la cellulose, tachent les reliures et détériorent les colles et autres adhésifs. Ils attaquent également les fils, le cuir, le parchemin, le cuir artificiel et les matières plastiques.

Le développement des champignons est influencé par un certain nombre de facteurs tels que l'humidité, la lumière et les éléments nutritifs. Les deux facteurs importants sont l'humidité et la température.

Les spores de champignons qui sont toujours présentes dans l'atmosphère se développent aussi bien à des températures proches de 0 °C, qu'à des températures telles que 50 à 55 °C. Mais des températures élevées combinées à certaines conditions d'humidité, telles que l'exposition pendant 15 secondes à la vapeur à 110 °C tuent la plupart des champignons et des spores. Ils supportent des séjours prolongés à des températures de 0 °C ou à des températures inférieures, mais ils se développent et se multiplient dès qu'une

température favorable et d'autres conditions permettant leur croissance existent dans les salles d'archives. Toutefois, en dessous de 70% d'humidité relative, leur croissance est nulle. Au-dessus de ce pourcentage, elle varie avec les variations de l'humidité relative. Par exemple, à 80-90%, la croissance est considérable et, au-dessus de 95%, elle est surabondante. On a observé que la combinaison humidité relative et température joue un rôle important et que les conditions optimales varient. Par exemple, la température optimale de croissance des champignons à 95% d'humidité relative est 30 °C et à 100% d'humidité relative elle est de 37,5 °C alors qu'à 70% d'humidité relative elle est beaucoup plus basse, soit 24-25 °C.

La lumière, comme l'obscurité, favorise la croissance des champignons; c'est pourquoi on ne peut guère parler de choix entre les deux conditions pour les salles d'archives. Il est vrai que certaines radiations ultraviolettes détruisent les champignons, mais elles ont aussi un effet nocif sur le papier. La croissance des champignons peut être influencée par la présence dans la papier de colle ou de charges. On a observé qu'ils fleurissaient sur les papiers contenant de la dextrine, de l'amidon ou de la gélatine. D'autres éléments nutritifs qui ont une incidence sur la croissance des champignons sont les hydrocarbones, les sels métalliques, les acides aminés, les protéines, les oxydes d'azote.

La plus petite trace de champignons ou de moisissure doit être considérée comme un signe d'infestation et comme une indication que la température et l'humidité des salles d'archives dépassent les limites de sécurité. En général, la croissance des champignons et des moisissures est abondante dans les milieux humides tels que les caves ou les pièces mal ventilées. Leur présence se reconnaît facilement à la masse poudreuse qu'ils forment à la surface des matériaux infestés.

L'action des champignons peut être très lente; il faut plusieurs mois (parfois jusqu'à deux ans) pour pouvoir détecter les dégâts par des moyens ordinaires. L'intensité ou l'étendue de la zone pigmentée ne permet pas de se faire une idée exacte de la croissance des champignons; en effet, certains provoquent une très légère pigmentation alors que d'autres qui se développent très peu provoquent une forte pigmentation. D'autre part, il semble que les acides produits par les champignons ont une influence sur l'intensité de la pigmentation; la condition optimale est un *p*H

de 4,8 à 5,6. Par conséquent, pour se faire une idée précise de la destruction de la cellulose dans le papier, il faut procéder à une mesure quantitative de la perte de résistance.

La croissance des champignons provoque un affaiblissement des fibres de cellulose dans le papier; néanmoins il peut encore être manipulé et plié sans se rompre; cela permet de distinguer ce genre de dégâts de ceux provoqués par les acides, qui rendent le papier si fragile qu'il se brise au pliage. L'amidon, la colle forte, la colle de pâte et les adhésifs sont transformés; l'effet des produits de collage disparaît et le papier devient doux et aussi absorbant que du papier buvard. Dans la phase finale, il est réduit à l'état de pâte. De même, le cuir commence à se décomposer et la reliure se dégrade. En outre, les champignons attaquent les encres, en particulier les encres à base de sulfate de fer et de noix de galle qui sont sensibles à leur action et pâlissent. Dans des cas extrêmes, l'encre disparaît complètement et il devient très difficile de la raviver.

La résistance du papier aux champignons est variable. Par exemple, les papiers faits à la machine sont plus sensibles à l'attaque du champignon que les papiers faits à la main. Cela est probablement dû au traitement chimique et à d'autres procédés utilisés en cours de fabrication. En général, les papiers dont le *p*H est compris entre 5,5 et 6 sont extrêmement résistants aux moisissures. En outre, certains papiers qui sont moins hygroscopiques résistent à l'attaque des champignons, par exemple les papiers encollés, spécialement ceux qui sont collés à la colophane, et les papiers calandrés.

En ce qui concerne le cuir, on a observé que les cuirs à tannage végétal sont plus sensibles à l'attaque des champignons et aux moisissures que les cuirs tannés au chrome; cela est dû probablement aux produits chimiques utilisés pour le tannage, car les fibres de collagène du cuir sont rarement attaquées.

Taches brunes

On constate souvent dans les salles d'archives la présence de taches brunes sur les papiers anciens *(foxing)*. Elles sont indépendantes de la croissance des moisissures et peuvent survenir même si les conditions qui sont favorables à la croissance des champignons sont éliminées. Ces taches résultent de l'action chimique entre les impuretés à base de fer présentes dans le papier et les acides organiques libérés par les champignons. L'humidité nécessaire

pour que ces taches se développement ou apparaissent est très inférieure à celle qui rend visibles les moisissures. L'importance des taches dépend des impuretés contenues dans le papier. On a observé que les papiers de la première période, c'est-à-dire du XIVe siècle, qui contiennent de la cellulose presque pure, sont moins atteints que les papiers du XVIIe ou du XIXe siècle qui sont fabriqués à partir de fibres fines et à la machine.

Mesures préventives

Pour supprimer l'infection par les moisissures des précautions sont nécessaires: propreté dans l'atelier de restauration et maintien de la température et de l'humidité relatives appropriées.

La condition optimale pour stopper la croissance des champignons est une température de 20 à 24 °C et une humidité relative de 45 à 55%. Cette condition ne peut être obtenue que par la climatisation. Toutefois, s'il est impossible de maintenir la température et l'humidité relative dans ces limites, il faut s'efforcer de retarder la croissance des champignons en maintenant la libre circulation de l'air, ce qui permet d'empêcher les variations d'humidité, et donc la formation de poches favorables à la croissance des champignons. Pour assurer la régulation de l'humidité, les meubles en bois et les rideaux sont utiles, car ils absorbent l'humidité quand le taux d'humidité relative est élevé et ils la restituent quand le taux d'humidité relative est faible. L'un des appareils nécessaires pour mesurer l'humidité est un hygromètre qui devrait se trouver dans chaque dépôt d'archives. La précision de l'hygromètre doit être contrôlée au moins une fois par mois à l'aide d'un psychromètre [1]. On peut utiliser des appareils tels que des déshumidificateurs ou des produits chimiques comme le gel de silice, le chlorure de calcium anhydre et la chaux éteinte. Les déshumidificateurs sont efficaces à condition qu'ils fonctionnent vingt-quatre heures sur vingt-quatre et que les portes et les fenêtres de la pièce restent fermées. Dans ces salles, les portes doivent être ouvertes le moins souvent possible et la circulation de l'air doit être assurée constamment au moyen d'extracteurs d'air.

1. Un psychromètre est un appareil comprenant deux thermomètres, l'un à bulbe sec et l'autre à bulbe humide. Il permet de calculer en même temps la température et l'humidité relative de l'air.

L'humidificateur n'a aucune influence sur la température. De même le gel de silice et le chlorure de calcium anhydre ne sont efficaces que si la salle est fermée. Pour déshumidifier un volume de 25 m^3 il faut environ 3 kg de gel de silice. En absorbant l'humidité, le gel de silice devient rose et il peut être régénéré par chauffage dans une étuve; il prend alors une couleur bleue. Du gel de silice contenu dans une toile à mailles fines ou dans de petits sacs de matières plastiques doit être placé en différents points de la salle. Le chlorure de calcium anhydre absorbe également l'humidité et il est efficace, mais sa régénération n'est pas aussi facile que celle du gel de silice. On utilise également de la chaux éteinte contenue dans des récipients de faïence. On les dispose dans différents points de la salle. Lorsque la chaux est saturée, elle ne peut plus être réutilisée.

Malgré toutes ces précautions, on constate la présence de moisissures dans certaines parties des dépôts, même dans ceux qui sont climatisés. Elle est due au fait que les volumes et les livres sont trop rapprochés les uns des autres sur les rayonnages, ou placés trop près du sol, des murs ou du plafond. Dans les salles climatisées, elle s'explique par des gaines défectueuses. Pour y remédier, il faut modifier l'emplacement des volumes, assurer la circulation de l'air pour empêcher la formation de poches, nettoyer le local et les volumes infestés et, dans les salles climatisées, modifier le tracé des gaines.

Les moisissures du papier peuvent être empêchées en utilisant des produits de conservation ou en traitant le papier avec des fongicides. D'après l'expérience acquise et les renseignements qu'on trouve dans la littérature, il est évident que sur du papier non traité la croissance des champignons est très active et qu'un papier infesté ne peut être remis en état d'une manière satisfaisante. Des composés organiques et inorganiques et des produits chimiques très variés ont été recommandés et sont utilisés actuellement pour assurer la protection contre les attaques microbiologiques. Parmi ceux-ci on peut citer: l'acétone, le B-naphtol, l'aldéhyde formique, le paranitrophénol, le pentachlorophénol et son sel de sodium, l'acide borique, le salicylanilide, l'orthophénylphénol, le 2-hydroxydiphényl amine, le thymol, l'oxyde d'éthylène, le chloramine-T, etc.

Toutefois, le choix d'un fongicide dépend de certains facteurs tels que la toxicité pour l'homme, la nature du papier, la volatilité,

la réaction avec d'autres produits chimiques, le coût et la facilité à se le procurer. Par exemple le pentachlorophénol à une concentration de 5% peut irriter la peau, mais à une concentration de 0,25% il n'a pas d'effet nocif pour l'homme et il est considéré comme efficace. On l'a utilisé en solution à 1% pour imprégner du papier servant à envelopper des documents d'archives. Il est toutefois relativement volatil; c'est pourquoi le papier traité doit être changé si le volume dans lequel il est enveloppé est utilisé fréquemment. Une faible volatilité est en général souhaitable. Le salicylanilide (nom commercial Shirlan) n'est pas volatil et son action dure longtemps. Il est utile pour empêcher l'apparition des taches brunes et des piqûres, mais il a une action nocive sur les documents d'archives, les manuscrits et les livres s'il n'est pas utilisé dans une concentration correcte. L'emploi d'acide borique ou d'acide salicylique est limité, car pour être efficaces ils doivent être utilisés en quantité relativement importante. Le paranitrophénol est efficace, mais il laisse une légère coloration verdâtre si les concentrations sont fortes. L'orthophénylphénol a prouvé son utilité comme fongicide et, actuellement, on l'incorpore comme produit de conservation dans les colles servant aux travaux de restauration. Sa toxicité est faible et il est aussi polyvalent que le pentachlorophénol pour détruire différents types de champignons. C'est un produit stable qui ne risque pas de se décomposer ou d'agir chimiquement sur d'autres substances. Il est soluble dans l'eau et alcalin; une solution aqueuse à 10% a un *p*H de 11. Des feuilles de papier de soie imprégnées de cette solution peuvent être utilisées comme feuilles intercalaires ou pour envelopper les documents. On peut même l'utiliser dans les salles qui sont sujettes à l'attaque des moisissures. Il peut être déposé sur les rayonnages avant d'y placer les volumes et les documents ainsi que sur le sommet des documents. Comme sa volatilité est très faible, un papier imprégné peut être utilisé pendant six à neuf mois sans être remplacé. Son emploi est actuellement recommandé à la suite d'essais dans des laboratoires spécialisés dans les travaux de conservation. L'auteur l'a utilisé à Florence en 1969. Un grand nombre de documents endommagés par les inondations de 1966 ont été traités efficacement avec ce composé pour les protéger contre l'attaque des champignons, à Florence il est incorporé (0,5%) à la colle utilisée dans les travaux de restauration. Deux fongicides tout à fait remarquables sont le sel sodique du pen-

tachlorophénol (Fantobite) et le sel sodique de l'orthophénylphénol (Topane). Un autre produit, le Preventol, peut également être utilisé. L'orthophénylphénol en solution à 5% a été utilisé comme fongicide sur le cuir avec des résultats satisfaisants.

Les spores des moisissures présentes dans les documents infestés sont détruites par une exposition aux vapeurs de thymol. Ce produit n'assure pas une protection permanente, mais il est efficace et facile à employer, il doit toutefois être utilisé avec précaution, car il altère l'encre et attaque la peinture et le vernis. Il ne supprime pas les taches de moisissures, mais il empêche leur développement. Il est facile de se procurer ce produit qui est virtuellement non toxique. Parfois il peut provoquer un certain ramollissement du parchemin, du vélin, des produits de collage et de la colle forte, mais l'emploi de chiffons imprégnés de thymol ne présente aucun inconvénient.

Fumigations au thymol. Les documents ou les volumes infectés sont exposés à des vapeurs de thymol dans une chambre ou une armoire hermétiquement closes. Une armoire de conception simple a 150 centimètres de long, 75 de large et 135 de haut (environ 5' × 2,5' × 4,5'). Elle est en bois, l'intérieur n'étant ni peint ni verni. Pour assurer son étanchéité, la porte est munie de joints souples en caoutchouc. Cette armoire peut contenir des feuillets séparés, des manuscrits, des cartes et des imprimés. A 15 centimètres du fond de l'armoire on place les documents à traiter sur un tamis amovible sur lequel ils sont disposés en formant un V renversé. On place sous un verre de montre rempli de thymol une ampoule électrique de 40 watts et, lorsque celle-ci est allumée, la chaleur qui s'en dégage vaporise le thymol. Une heure de chauffage par jour suffit pour en vaporiser assez pour saturer l'air à l'intérieur de l'armoire et stériliser les documents et les volumes qu'elle contient. La quantité recommandée de thymol est de 120 grammes par mètre carré. Dans des expériences récentes, on a constaté que 20 grammes de thymol par mètre cube étaient efficaces.

Les figures 1 et 2 représentent des armoires utilisées aux Archives nationales de New Delhi et la figure 3 l'armoire utilisée à la Bibliothèque nationale de Paris.

Le cycle normal de fumigation est de 48 heures pour les documents qui ne sont pas trop endommagés. En cas de forte infestation, le cycle se poursuit pendant 6 à 10 jours selon l'intensité des dégâts.

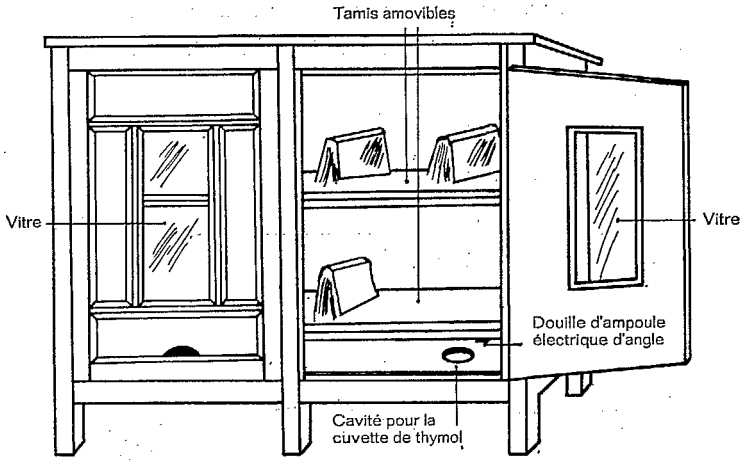


FIG. 1. Armoire de fumigation au thymol.
Modèle utilisé aux Archives nationales de New Delhi.

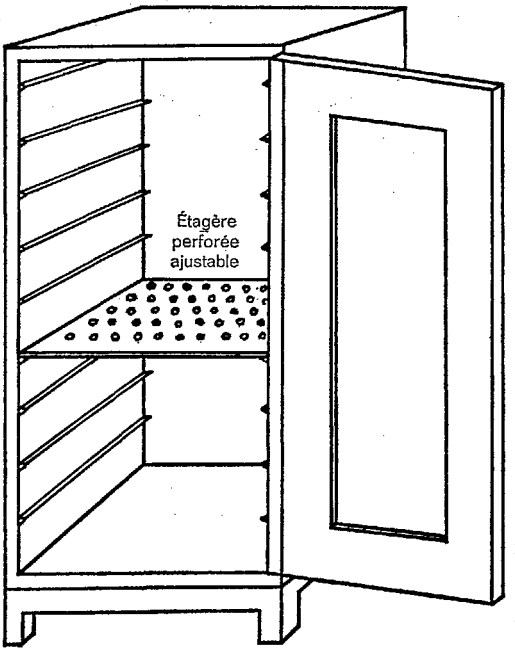


Fig. 2. Armoire de fumigation hermétique en acier à une porte. Modèle utilisé aux Archives nationales de New Delhi.

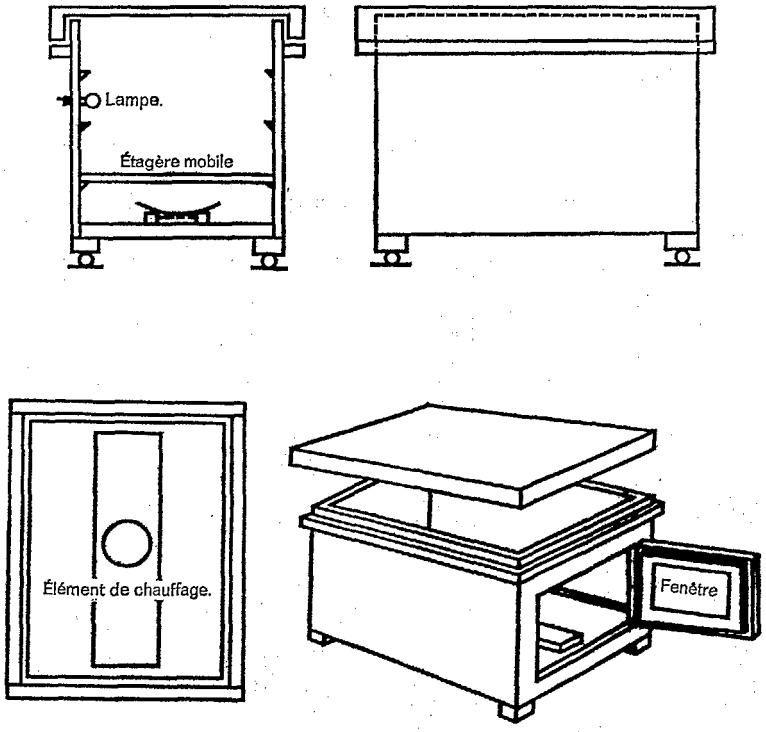


FIG. 3. Armoire mobile de fumigation.
Modèle utilisé à la Bibliothèque nationale de Paris.

Comme il a été indiqué plus haut, la fumigation au thymol altère parfois le parchemin et le vélin; cette altération peut être due soit au chauffage trop prolongé des cristaux qui peut provoquer une cristallisation ultérieure du produit sur le document, soit au fait que les volumes sont disposés trop près de la source de vapeurs. On a constaté que le traitement ne rend pas les parchemins ou les documents mous ou poisseux si à la sortie de l'armoire ils sont placés dans un local aéré jusqu'à disparition des odeurs de thymol. Si l'opération a été bien conduite, le risque de voir apparaître à nouveau des moisissures dans le dépôt d'archives est pratiquement nul.

Une chambre de fumigation d'environ 4,5 mètres de long sur 1,8 de large et 2,4 de haut a été réalisée aux Archives du Comté de Somerset, au Royaume-Uni. Elle est munie d'un extracteur d'air placé sur une fenêtre pratiquée dans la paroi extérieure pour évacuer l'air vicié et d'un orifice d'admission pratiqué dans la paroi intérieure pour permettre l'arrivée d'air frais. La capacité de l'extracteur est telle que l'air peut être changé quatre fois par heure. Cette chambre peut fonctionner comme installation d'aération, de séchage et de fumigation. Dans les pays tropicaux où les documents sont facilement attaqués par les moisissures, cette chambre peut être utilisée à la fois pour la fumigation et pour l'aération des documents.

Si on ne dispose ni d'armoire ni de chambre de fumigation, on peut encore empêcher le développement des moisissures en plaçant entre les feuilles des livres, volumes ou documents non reliés du papier de soie imprégné d'une solution alcoolisée de thymol à 10%. On place la papier de soie ainsi traité toutes les dix feuilles environ et, au bout de quelques semaines, les moisissures ont disparu. Cette technique a été appliquée avec succès pour arrêter la croissance des moisissures sur les papyrus. Même les salles infectées par des moisissures peuvent être efficacement stérilisées en pulvérisant une solution alcoolisée de thymol à 10% au moyen d'un nébulisateur. Ce procédé est également utilisé pour arrêter la croissance des moisissures sur les documents infectés qui se trouvent dans la salle. Pour obtenir les meilleurs résultats, toutes les portes et les fenêtres doivent être fermées pendant au moins 24 heures. Au besoin, les pulvérisations peuvent être renouvelées au bout d'une semaine. L'addition de Killopetra (chlorure d'éthylène: trois parties; tétrachlorure de carbone: une partie) à la solution facilite une pulvé-

risation uniforme, car elle provoque la formation d'un brouillard. Après le traitement, les document infectés doivent être nettoyés pour faire disparaître toutes les traces de duvet blanchâtre.

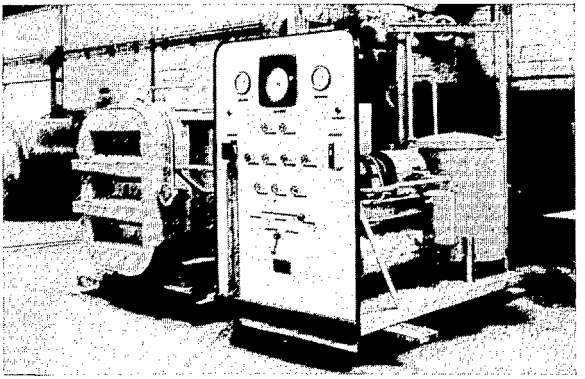
Fumigation à l'oxyde d'éthylène. Au début des années soixante, on s'est efforcé de trouver une technique efficace de fumigation contre les champignons. On a constaté que l'exposition d'un document pendant 24 heures à un mélange par parties égales d'oxyde d'éthylène et d'air dans une chambre à vide (autoclave) avait un effet destructeur positif sur les champignons. Le traitement de documents à l'aide de cette méthode, aux Archives nationales de France en 1960, a donné d'excellents résultats. Comme l'oxyde d'éthylène et l'air ont tendance à former un mélange explosif, l'opération doit être exécutée avec précaution.

Désinfection des dépôts. Avant de placer les documents dans les diverses salles d'un dépôt pouvant être attaqué par les champignons, il est souhaitable de les stériliser en pulvérisant une solution à 5% dans l'alcool méthylique de bromure de lauryldiméthylcarbétoxyméthyl d'ammonium. Ce produit a été et est encore utilisé dans divers dépôts d'archives et il s'est avéré efficace. Il est indispensable de porter un masque pendant l'opération, car le composé d'ammonium quaternaire peut provoquer une irritation des muqueuses.

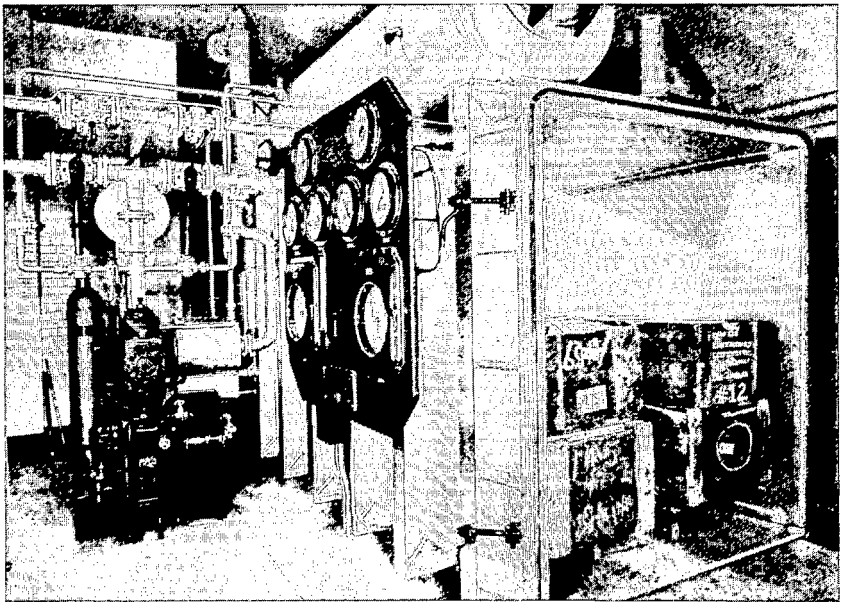
Une autre solution qui a donné de bons résultats consiste à stériliser les salles d'archives au moyen d'une solution à 80% de décahydrate de diborolactate de triéthanolammonium. La solution est dispersée sous forme de vapeurs au taux de 5 cm^3 par mètre cube d'air. Après l'opération, on observe les documents pour vérifier si le traitement a été efficace.

En URSS, à la Bibliothèque Lénine, on a essayé de lutter contre les champignons en utilisant la lumière ultraviolette et les radiations gamma. Un tel traitement est toutefois dangereux parce que les ultraviolets ont un effet nocif sur des matières organiques telles que la cellulose, etc.

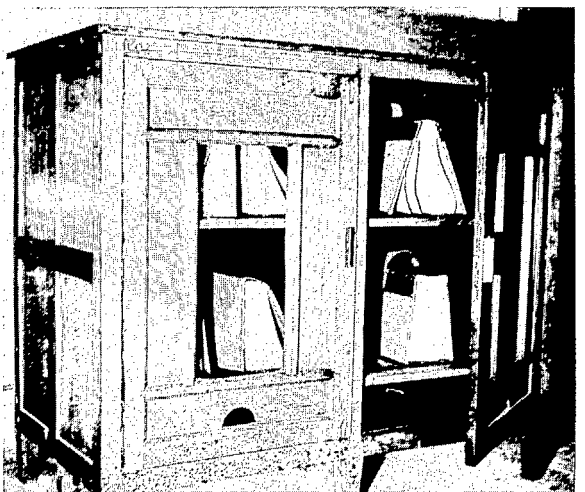
Tous ces procédés doivent être appliqués avec précaution et par des personnes ayant reçu une formation technique. Toute variation dans les conditions d'emploi des produits chimiques, ou dans le mode opératoire, peut provoquer des détériorations plus grandes que celles auxquelles on cherche à remédier.



Autoclave de fumigation Mallet (France). Fumigation à l'aldéhyde formique. *Photo* Archives nationales, Paris.

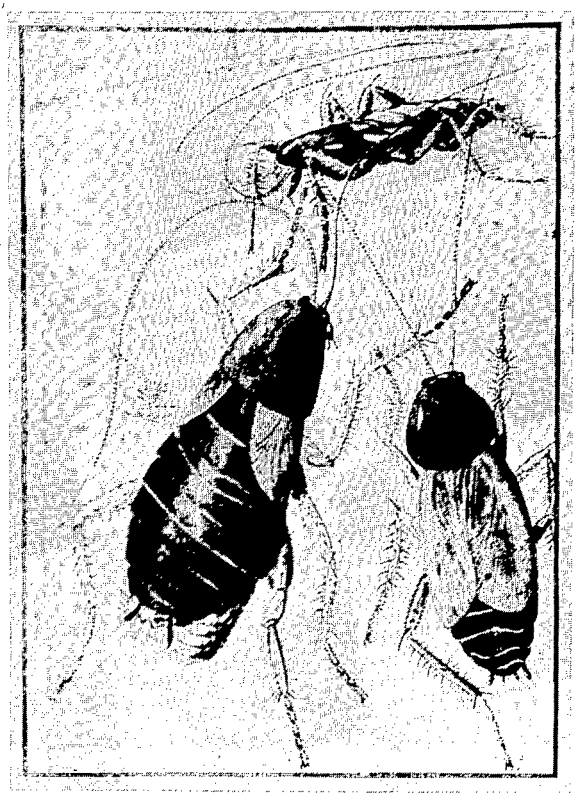


Chambre de fumigation sous vide. *Photo* Archives d'État, Venise.

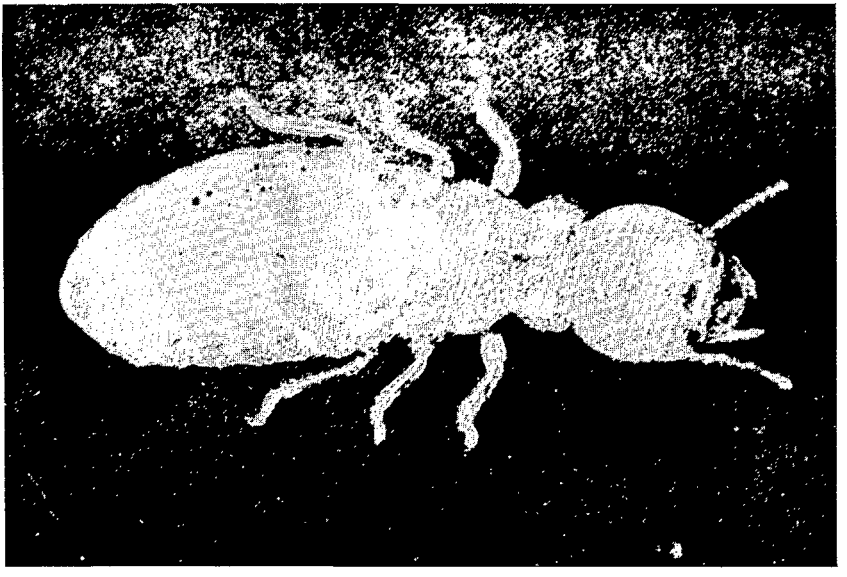


Armoire de fumigation au thymol utilisée aux Archives nationales de New Delhi. *Photo* National Archives, New Delhi.

Dégâts causés
par des blattes.
Photo National
Archives, New Delhi.

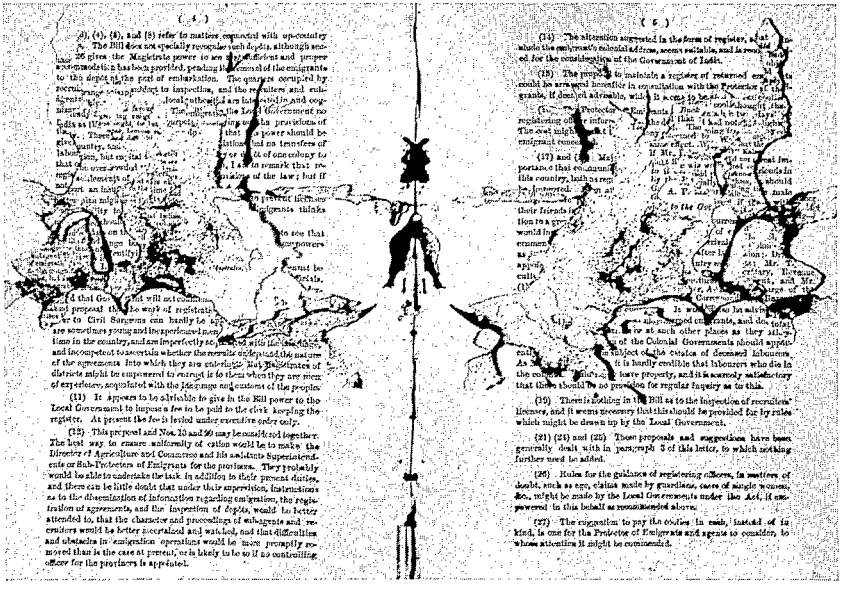


Blattes.
Photo National
Archives, New Delhi.

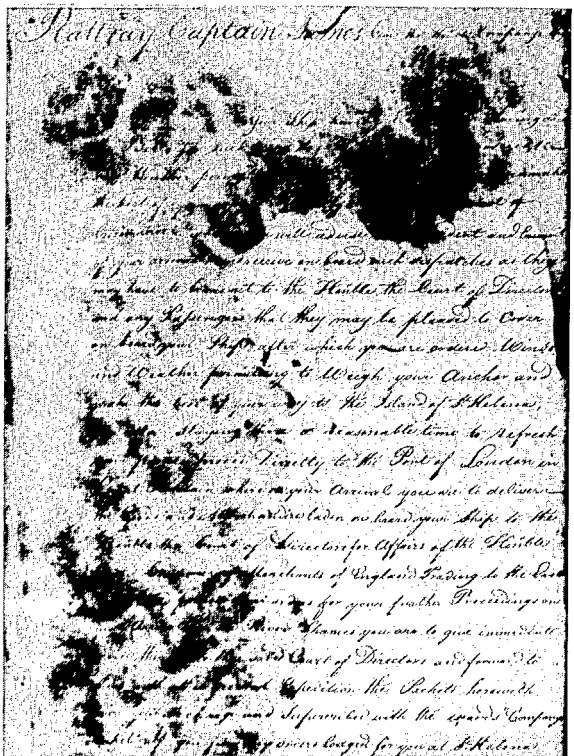


Termite ouvrier.
Photo National Archives, New Delhi.

Dégâts causés par des termites.
Photo National Archives, New Delhi.



Dégâts causés par les vers des livres. *Photo* National Archives, New Delhi.



Document taché par de l'eau et endommagé par des champignons. *Photo* National Archives, New Delhi.

Parmi les divers procédés exposé ci-dessus, ceux qui sont mis en pratique par les professionnels peuvent être recommandés, à savoir:

1. Fumigation au thymol et fumigation sous vide avec un mélange d'oxyde d'éthylène et d'air pour les archives et les volumes infectés par les champignons.
2. Topane (sel de sodium de l'orthophénylphénol), fongicide ajouté à la colle de pâte pour empêcher le développement des champignons sur les documents réparés.
3. Papier imprégné de Topane pour envelopper les documents et garnir les rayonnages.
4. Pulvérisation d'une solution de thymol à 10% dans les salles d'archives infectées par les champignons.

INSECTES

Les insectes sont dangereux pour les documents d'archives et ils posent des problèmes importants, spécialement dans les pays tropicaux. Dans les régions à climat tempéré, bien que ces difficultés existent, elles sont moins graves. On peut facilement lutter contre les insectes en prenant des mesures d'hygiène, en procédant à des inspections périodiques des dépôts et en exerçant une vigilance constante sur les nouvelles acquisitions. Tout local où l'on constate la présence d'insectes peut être traité avec des insecticides et les documents stérilisés par fumigation.

Tout le monde sait que certains insectes, tels que les « poissons d'argent (lépismes), les blattes, les termites, les larves de cadille, les vers de farine et le charançon des greniers endommagent le papier et d'autres produits contenant de la cellulose. Parmi ces insectes, qu'on rencontre partout et qui causent les plus graves dégâts au papier, on peut citer les diverses espèces de blattes, les thysanoures (poissons d'argent et thermobies), les « vers des livres » et les termites (fourmis blanches).

Thysanoures

Cet ordre comprend certaines espèces désignées sous le nom de poissons d'argent, petits poissons d'argent (lépismes), thermobies, etc. Ce sont des insectes nocturnes, renflés à une extrémité, se

déplacant rapidement et de couleur foncée. On les trouve partout dans les bâtiments, mais il affectionnent les lieux sombres et se multiplient très rapidement. Ils pondent à l'abri de la lumière, derrière les livres placés sur les rayonnages, dans les armoires et les tiroirs.

Ces insectes sont friands d'amidon et de colle. Ils attaquent les papiers, les reliures ou les pigments, la rayonne et d'autres produits à base d'amidon. Ils font disparaître le glaçage du papier, détériorent les reliures des livres et endommagent les gravures précieuses dont ils rongent la surface. Ils endommagent les reliures, la photographies, les étiquettes, les produits d'encollage du papier, le papier pelure, la cellophane et le papier paraffiné.

Blattes

Ce sont des insectes domestiques que tout le monde connaît. Le corps est plat, de couleur brune, brunâtre, noire ou marron, brillant, et ils répandent une odeur nauséabonde. Ils consomment des matériaux très différents et souvent rongent les reliures ou les feuilles des livres et des revues et d'autres produits à base de papier, parchemin, cuir et tissu. Ils excrètent un liquide noir qui détériore tout matériau sur lequel ils rampent. Ils déposent leurs œufs dans les lieux où se trouvent des détritus et où la température et l'humidité sont favorables. On en connaît plusieurs espèces.

Vers des livres

Ils consomment voracement presque tous les types de matériaux. Ils sont particulièrement dangereux pour les livres, car ils digèrent la cellulose et se nourrissent en fait de papier. Il est très difficile de les combattre. Ils déposent leurs œufs près de la surface des reliures ou sur le bord des feuilles. Lorsque les larves éclosent, elles pénètrent à l'intérieur du livre et reviennent ensuite à la surface lorsqu'elles approchent du stade de la chrysalide; puis l'insecte adulte s'échappe.

Psoques, ou poux des livres

Ils sont parfois confondus avec les vers des livres. Ces insectes sont minuscules, de couleur pâle, et on les rencontre rarement

dans les livres qui sont constamment utilisés. On ne les remarque que lorsqu'ils sont très nombreux. Ils se nourrissent de l'amidon et de la colle que contiennent les reliures des livres, mais, en raison de leur petite taille, ils font peu de dégâts.

Termites

Les termites prolifèrent dans les pays tropicaux et subtropicaux. Ils ressemblent superficiellement à des fourmis et sont parfois appelés « fourmis blanches », mais ce ne sont pas des fourmis et ils ne sont pas blancs. Ce sont des déprédateurs insidieux dont le régime alimentaire est constitué par des tissus ligneux. Ils envahissent les habitations, les bibliothèques, les palissades, poteaux, salles de stockage et s'attaquent à tous les produits d'origine ligneuse ou contenant de la cellulose tels que les stocks de papier, les livres, les cartons, les documents et les plans. Comme ils évitent de s'exposer à l'air, on ne s'aperçoit de leur présence que lorsque de graves dégâts ont été commis. De nombreux objets sont attaqués par les termites, plus ou moins occasionnellement, et endommagés ou perforés simplement parce qu'ils se trouvent sur le trajet qu'ils suivent pour se procurer de la nourriture ou parce que le moment est venu pour les adultes de s'échapper.

Mesures préventives

Stérilisation. Le meilleur moyen de combattre l'infestation par les insectes consiste à prendre des mesures préventives. Dans les grands dépôts d'archives bien équipés, toutes les nouvelles acquisitions et tous les documents infestés par les insectes sont désinfectés ou soumis à des fumigations dans des chambres sous vide.

Fumigation sous vide. Une installation de fumigation sous vide se compose d'un autoclave de 10 mètres cubes et d'un tank-relais qui contient un mélange d'oxyde d'éthylène et de CO^2 utilisé pour la stérilisation. Les livres et documents à stériliser sont placés dans l'autoclave sur des chariots ou sur des plates-formes. La porte de l'autoclave est fermée et on fait le vide. On introduit ensuite de l'éthoxide, c'est-à-dire un mélange

d'oxyde d'éthylène et de CO^2. La quantité requise est d'environ 4,5 kg. L'éthoxide est composé de 10% d'oxyde d'éthylène et de 90% de CO^2 en poids. On a constaté que ce mélange était efficace contre les insectes sans pour autant endommager les documents d'archives. Les documents infestés sont maintenus dans cette atmosphère pendant trois heures. Pendant ce laps de temps on fait circuler le gaz au moins une fois au moyen de pompes électriques; au bout de trois heures le gaz est retiré par pompage et on cesse le vide dans l'autoclave en y laissant pénétrer l'air. La porte est alors ouverte et les documents retirés. Les documents traités peuvent être déposés en toute sécurité dans les salles d'archives sans craindre les dégâts dus aux insectes, à condition toutefois que le local lui-même soit dépourvu d'insectes. Au cours de l'opération les insectes sont détruits à tous les stades de leur vie, c'est-à-dire œufs, larves et adultes. Comme on l'indique plus haut, ce gaz, dans les proportions utilisées, est d'un emploi absolument sûr. Il est ininflammable et n'est pas nocif pour l'homme dans les concentrations utilisées pour la stérilisation.

Fumigation à l'aldéhyde formique. C'est une méthode qui est utilisée à la Bibliothèque nationale à Paris pour traiter les livres, les documents et les pastels. L'opération s'effectue dans une chambre d'environ 1,20 × 0,40 × 1,10 mètre suffisamment spacieuse pour contenir un chariot à trois étages. Les documents sont posés à plat sur le chariot alors que les livres sont ouverts par le milieu, les pages étant écartées pour que les vapeurs puissent pénétrer entre elles. La chambre est alors hermétiquement close et l'on pulvérise de l'aldéhyde formique à raison de 250 g/m^3 et une quantité identique d'eau pour humidifier l'air afin d'éviter le craquellement du cuir ou du parchemin. La température à l'intérieur de la chambre est maintenue à 30 °C. Les documents sont laissés en place pendant 24 à 48 heures selon l'étendue des dégâts. Au bout de quelques jours on observe les documents pour s'assurer que le traitement a été efficace.

Fumigation au Killopetra. La fumigation sous vide est une méthode idéale pour désinfecter les documents d'archives au point de vue de la rapidité, du coût et de l'efficacité du traitement. Toutefois, la fumigation peut s'effectuer dans des armoires

étanches si le volume des documents à traiter est faible et si l'on ne dispose pas d'installation de fumigation sous vide. Le fumigant utilisé, le Killopetra, est un mélange de trois parties en volume de chlorure d'éthylène et d'une partie en volume de tétrachlorure de carbone. Un litre du mélange suffit pour une armoire de 2 mètres cubes (1 × 1 × 2 m). Les documents sont laissés en contact avec le produit pendant 24 heures. Toutefois, il est nécessaire de maintenir une température de 23,85 °C ou au-dessus pendant la période de fumigation. Si la température est tombée en dessous de 23,85 °C, la fumigation doit être répétée. Ce procédé est utilisé, à l'aide d'une armoire appelée le « Plymetl fumigation vault », au State Archives Building de Springfield, Ill.

Fumigation au paradichlorobenzène. Pour traiter un petit nombre de livres, une méthode simple de fumigation consiste à utiliser du paradichlorobenzène pendant au moins quinze jours. L'opération s'effectue dans une armoire métallique étanche munie de rayons perforés. Les livres et les documents sont étalés sur les rayons et le fumigant est placé au bas de l'armoire, dans un verre de montre. Il faut 1 kg de paradichlorobenzène par mètre cube. Le paradichlorobenzène et le Killopetra détruisent les insectes et leurs larves, mais non les œufs. C'est pourquoi il est conseillé de garder les livres et les documents traités en observation pendant au moins un an. L'opération est répétée si les insectes réapparaissent.

Autres fumigants. Les autres fumigants utilisables pour traiter les documents d'archives sont: le tétrachlorure de carbone, l'acide cyanhydrique gazeux, le mélange de chlorure d'éthylène et de gaz carbonique, et le mélange de formiate de méthyle et de gaz carbonique. Ces produits tuent les insectes et leurs larves, mais non les œufs. C'est pourquoi les documents traités sont généralement isolés pendant trois semaines. Si une éclosion se produit, on effectue une nouvelle fumigation. Ces produits sont efficaces à 100% pour détruire en 24 heures tous les insectes qui se trouvent dans les dépôts, et ils n'ont pas d'effets très marqués sur les propriétés ou la stabilité du papier.

Comme ces fumigants sont toxiques, les plus grandes précautions sont nécessaires. Et ils doivent être utilisés dans des conditions bien définies par du personnel compétent. A titre de solu-

tion purement temporaire, ou en attendant de procéder à une fumigation, il est souhaitable d'utiliser des pulvérisations de pyrèthre à base de pétrole, ou de répandre à l'arrière des rayonnages du fluorure de sodium ou un mélange d'acide borique et d'amidon, ou d'y déposer des sachets d'étamine contenant des paillettes de naphtalène, ces produits agissant comme des répulsifs.

Insecticides. Si l'on ne procède pas à des fumigations, on peut appliquer des insecticides au pinceau ou sous forme d'aérosol.

En agissant rapidement, les insectes peuvent être éliminés des dépôts d'archives. Ils sont vulnérables à un ou plusieurs des nombreux insecticides puissants: diéldrine (solution à 20% pour 4,5 litres d'eau), solution huileuse de DDT à 5%, de chlordane à 2%, de malathion à 2%, de lindane à 1%, ou Shirlan, produit spécial contenant de la salicylanilide. Il faut éviter autant que possible de pulvériser des solutions huileuses sur les archives, car, si elles sont efficaces, il est évident qu'elles présentent un certain nombre d'inconvénients.

Les rayonnages peuvent être traités au moyen de vernis insecticides, soit au pinceau soit par aérosol. Les vernis dont l'efficacité a été prouvée contiennent du dieldrine ou du chloronaphtalène comme principes actifs. Ils doivent être appliqués très soigneusement en s'efforçant de recouvrir toutes les irrégularités de surface telles que fissures, crevasses, etc., et le dessous des rayonnages.

Lutte contre les termites. Pour assurer la protection des documents d'archives contre les termites, les dépôts ne doivent pas être humides, chauds ou non ventilés. Ces conditions provoquent en outre le développement des moisissures puis l'attaque des insectes. Si les documents, livres et autres matériaux sont placés à l'extérieur par temps froid, mais à l'abri de la lumière solaire, les termites qui les infestent s'en échappent ou meurent. Les fumigants, les aérosols toxiques et les insecticides n'ont pas de valeur permanente pour empêcher les dégâts dus aux termites dans les dépôts d'archives. Toutefois, grâce à l'utilisation d'insecticides tels que le BHC (hexachlorure de benzène), le DDT, le chlordane, l'arsenite de sodium, le pentachlorophénol, et le naphténate de cuivre, il a été possible de protéger certains produits pendant une période dépassant leur durée d'utilisation. Ces insecticides sont déposés au voisinage des tunnels provoqués

par les termites, au sommet des nids, ou dans les fissures des planchers et des murs. Les termites ont tendance à se lécher les uns les autres et à dévorer leurs morts. Ce comportement est utilisé pour leur destruction en plaçant suffisamment de produits chimiques près de leurs nids ou de leurs galeries. L'arsenic blanc, la poudre de DDT, l'arsenite de sodium en solution aqueuse à 1%, ou le DDT en solution à 5%, ainsi que le dieldrex, ont donné des résultats satisfaisants.

Lorsque des termites vivant dans le sol ont pénétré dans des dépôts d'archives, on peut, à titre de mesure temporaire, retirer des murs les rayonnages et les armoires en bois et les placer au-dessus de récipients métalliques contenant du coaltar ou de la créosote. Toutes les voies d'accès, telles que joints, fissures, crevasses des murs et des planchers, doivent être immédiatement bouchées avec du ciment. L'application de produits chimiques doit, en règle générale, être effectuée deux fois par ans: une fois pendant la saison des pluies et une fois après la saison des pluies.

Les termites du bois peuvent être combattus en utilisant les meilleurs matériaux traités contre l'attaque des termites. Mais dès qu'ils ont pénétré dans un bâtiment, seule la fumigation à l'acide cyanhydrique gazeux permettra de s'en débarrasser. Il faut faire appel à des spécialistes, car les opérations de fumigation exigent environ 48 heures, et il faut encore environ 48 heures pour aérer la totalité du bâtiment et évacuer l'acide cyanhydrique. A titre de solution temporaire, on peut effectuer une fumigation au bromure de méthyle pendant 24 heures.

On obtient d'excellents résultats contre les termites du bois en appliquant au pinceau ou par pulvérisation du BHC, du DDT ou du chlordane dissous dans de l'essence minérale. Non seulement ce traitement détruit l'infestation, mais empêche des attaques ultérieures pendant une longue période. Lorsque l'infestation est profonde, seules des infestations au bromure de méthyle ou à l'acide cyanhydrique gazeux, comme il est indiqué plus haut, détruiront la colonie de termites.

RONGEURS

L'action des rongeurs sur le papier et les articles à base de papier pose l'un des problèmes de protection les plus difficiles dans

tout le domaine de la conservation. Les dégâts qu'ils provoquent dans les dépôts d'archives peuvent représenter jusqu'à 20% du total des documents.

Les champignons et les bactéries trouvent leur nourriture dans les constituants de la cellulose, les colles et autres composés organiques du papier. Les insectes, lorsqu'ils consomment du papier, absorbent les produits toxiques ou répulsifs qui y ont été incorporés, et en meurent. Par contre les rats et les rongeurs attaquent le papier mécaniquement, sans en absorber une quantité appréciable et même sans que des particules de papier entrent en contact avec leur système digestif; par conséquent, l'emploi d'un produit toxique dans le papier est inopérant.

Le moyen de lutte le plus efficace consiste à détruire les rongeurs par des campagnes de dératisation ou à édifier des constructions à l'épreuve des rongeurs et à utiliser des matériaux répulsifs.

Pour qu'un raticide ou un répulsif soit efficace, il doit être non toxique pour les personnes qui le manipulent, ne pas contaminer la peau ou l'irriter dans les conditions d'emploi. Il ne doit avoir aucun effet nocif sur les qualités du papier, la résistance, la durabilité, la résilience et les propriétés bactéricides ou fongicides. Il doit être dépourvu d'odeur ou de goût trop marqués et pouvoir être appliqué dans les conditions habituelles prévues par le fabricant et il doit être efficace dans les conditions normales de manipulation et de stockage.

A cette fin, plusieurs milliers de produits chimiques ont été sélectionnés mais, jusqu'à présent, aucun composé satisfaisant n'a été découvert, peut-être en raison des caractéristiques requises qui sont très sévères. Il est frappant de constater que les composés les plus efficaces sont ceux qui contiennent de l'azote et du soufre et qu'une corrélation semble exister entre le pouvoir répulsif et l'activité fongicide.

Parmi les produits ayant une action répulsive sur les souris, on peut citer le naphtalène en paillettes qui peut être répandu autour des articles à protéger, la fleur de soufre et la chaux, l'huile d'abrasin, le coaltar, la créosote, le goudron de pin, l'oléate de cuivre, le kérosène, l'huile de cèdre et les essences de citronnelle, de wintergreen, et de menthe. Des produits tels que le silicate de sodium, des matières plastiques telles que les résines à base de polymétacrylate de méthyle, des huiles siccatives telles que l'huile d'abrasin et certaines résines synthétiques,

lorsqu'elles sont incorporées dans le papier, lui confèrent une résistance mécanique à l'attaque des rongeurs.

Un raticide qui est très largement utilisé est le 3-alphaacétonil-benzil-4-hydroxide coumarin connu sous diverses marques commerciales telles que le Warfarin, etc. C'est un produit très efficace et la concentration de 0,25% qui est recommandée pour les appâts est si faible que le danger pour les autres animaux semble pratiquement inexistant. Toutefois, c'est un produit toxique qui peut tuer tout animal à sang chaud s'il est consommé en quantité suffisante. Il est donc recommandé de placer les appâts de Warfarin dans les endroits infestés par les rongeurs où les animaux de taille supérieure ne peuvent pénétrer.

D'autres produits chimiques sont d'un emploi général: la sille rouge, l'alphanaphtilthiourée, le phosphure de zinc, l'oxyde d'arsenic, la strychnine et la poudre de cyanure de calcium qui est également utilisée comme fumigant à pouvoir raticide. Ces produits, de même que le sulfure de thallium et le fluoroacétate de sodium (Compound 1080) sont très toxiques et leur emploi exige les plus grandes précautions. En fait, ils ne doivent être utilisés que par des spécialistes dans des conditions strictement définies.

Détérioration physique

Les agents de détérioration physique sont la lumière, la chaleur et l'humidité. Ils provoquent dans le papier des modifications photochimiques, hydrolytiques, ou d'oxydation. Cette détérioration doit être distinguée de celle provoquée par les insectes, les moisissures ou l'usure. Elle se signale par un jaunissement et une fragilité progressive du papier qui finit par rendre impossibles les manipulations ordinaires. Une telle détérioration est provoquée par des modifications chimiques subtiles qui influent non seulement sur les propriétés chimiques, mais aussi sur le taux et la cadence des processus ultérieurs de vieillissement.

L'importance de la détérioration peut être détectée et déterminée en mesurant la teneur en alpha-cellulose, l'indice de cuivre, le degré de viscosité dans une solution d'oxyde de cuivre ammoniacale, ainsi que la résistance au pliage, à l'éclatement, à la traction, etc., du papier (voir annexe 1).

Un faible degré de viscosité et un indice de cuivre élevé sont les signes d'une détérioration. Parmi les différents essais mécaniques, c'est la résistance au pliage qui donne la meilleure mesure de l'effet physique du vieillissement sur le papier. Le mode d'exécution de ces essais est expliqué d'une manière détaillée dans les normes TAPPI et ASTM relatives au papier et aux produits à base de papier (voir annexe 1).

LUMIÈRE

Toutes les fibres, qu'elles soient naturelles, animales ou végétales, perdent graduellement leur résistance lorsqu'elles sont exposées à la lumière solaire et le taux de détérioration varie avec l'intensité de la lumière, la température et l'humidité de l'atmosphère. Une des causes principales de cette détérioration et de cet affaiblissement des fibres est le rayonnement ultraviolet de la lumière solaire, bien que la détérioration de la cellulose et d'autres constituants, textiles et peintures, soit également provoquée par l'énergie de rayonnement. L'énergie de rayonnement est une forme de mouvement ondulatoire par lequel l'énergie provenant d'une source de rayonnement est transmise dans l'espace presque de la même manière que les ondes radio. Lorsqu'elle frappe un objet, une partie de cette énergie est absorbée, ce qui suffit à décomposer certaines molécules, particulièrement celles des composés organiques. Par conséquent, lorsque certaines substances sont exposées à une énergie de rayonnement, elles sont modifiées chimiquement, c'est-à-dire que l'absorption de l'énergie provoque des changements moléculaires. La production d'une image sur un film photographique est un exemple analogue de ce phénomène.

Les modifications se produisent quelle que soit la forme d'éclairement, naturelle ou artificielle, mais étant donné l'intensité relativement faible des sources de lumière artificielle, il est possible que le changement de couleur soit si faible qu'il ne puisse être évalué qu' après un long délai. Le résultat d'une longue exposition à la lumière artificielle peut être tout aussi grave du point de vue du pâlissement que l'exposition à la lumière solaire pendant une durée plus courte.

Le jaunissement et, finalement, la fragilité du papier journal ou d'un papier analogue sont des phénomènes familiers. On a

cru longtemps que le jaunissement se produit lorsque le papier est exposé à une énergie de rayonnement pendant des périodes prolongées. Des travaux effectués au National Bureau of Standards montrent que certains types de papier blanchissent lorsqu'ils sont exposés à un rayonnement à l'air si la température ne dépasse pas environ 30 °C pendant l'opération et qu'autrement, ils jaunissent: c'est-à-dire que la décoloration du papier est un effet combiné de la lumière et de la chaleur. Les deux processus, le blanchiment et le jaunissement, se produisent simultanément. Le fait que la modification est due à l'énergie de rayonnement ou à l'augmentation de la température résulte de l'effet observable net. Par conséquent, si un papier blanc jaunit lorsqu'il est exposé au rayonnement, les réactions photochimiques n'ont probablement pas joué le rôle essentiel, c'est-à-dire que des réactions autres que photochimiques sont intervenues. Cependant, le papier contenant de la lignine jaunit à l'air ou en présence d'oxygène même en l'absence d'effets thermiques, mais, dans une atmosphère d'azote sans oxygène, il blanchit. Des papiers roussis à très haute température ou jaunis à 100 °C, analogues à un papier vieux de 250 ans, ont été blanchis par la lumière.

De nombreux papiers se décolorent et perdent leur résistance quand ils sont exposés à la lumière; mais certains papiers sont plus résistants à ce type de détérioration que d'autres. Par exemple, les papiers de haute qualité blanchissent au lieu de jaunir et deviennent fragiles, tandis que les papiers de pâte mécanique, tels que le papier journal, contenant une teneur minimale en fer, en cellulose insuffisamment purifiée, ou une quantité considérable de colophane, sont davantage altérés par l'exposition à la lumière que les papiers de haute qualité.

Des études concernant la dégradation des produits cellulosiques soumis au rayonnement ont montré que les altérations les plus graves sont causées par les rayons ultraviolets d'une longueur d'onde inférieure à 360 millimicrons et que les altérations sont importantes jusqu'à 560 millimicrons.

La lumière solaire et toutes les sources de lumière artificielle riches en ultraviolets sont particulièrement destructrices. Les rayons lumineux voisins de l'ultraviolet provoquent une perte de résistance et l'oxydation de la cellulose. Le rythme de la détérioration est assez rapide. Par suite du rayonnement, la cellulose devient sensible à l'action de réactifs qui, autrement,

n'ont aucun effet sur la cellulose non oxydée. La cellulose oxydée se décolore plus rapidement à l'obscurité.

Selon Launer et Wilson, une longueur d'onde comprise entre 330 et 440 millimicrons a généralement des effets nocifs sur le papier. Dans les bibliothèques ou les lieux où le papier est stocké, l'éclairement est limité à la lumière solaire qui est transmise par les fenêtres vitrées ou aux lampes à filament de tungstène incandescent et les deux auteurs sont arrivés à la conclusion que la lumière solaire directe, la lumière provenant de l'arc à quartz-mercure et du carbone non filtré, ne représente pas exactement le type de lumière à laquelle les documents sont normalement soumis. En outre, les rayons ultraviolets de la lumière solaire compris entre 290 et 330 millimicrons, qui ont le plus d'effet sur le papier, ne traversent pas le verre à vitre ordinaire.

Launer et Wilson ont également remarqué que, lorsque des échantillons de coton et de papier à base de cellulose de bois sont exposés à un rayonnement de 254 millimicrons, la présence de vapeur d'eau retarde la dégradation de la cellulose et sa dépolymérisation, alors que l'oxygène n'a pas d'action analogue. Dans la partie comprise entre 330 et 750 millimicrons (le maximum principal étant à 388 et le maximum inférieur à 359), l'effet est inversé. Ils ont attribué ce phénomène à une relation entre les énergies de liaison de la chaîne moléculaire et les énergies des photons. Ils ont également observé que la vapeur d'eau accélère l'effet de la lumière sur le papier fabriqué à partir de cellulose de coton alors qu'elle retarde l'action de la lumière sur le papier fabriqué à partir de pâte de bois. La présence de résines et d'acide sulfurique libres renforce l'effet de la lumière sur le papier à base de coton, de chiffons et de pâte de bois purifiée beaucoup plus que sur le papier inférieur. C'est pourquoi la désacidification des documents sur papier s'impose.

Bien que la résistance du papier aux effets de la lumière solaire dépende du type de papier et du matériau cellulosique qu'il contient, tous les papiers peuvent être altérés par la lumière. Selon Launer et Wilson, la stabilité photochimique des papiers est en relation avec la nature et la source des matériaux utilisés pour leur fabrication, que l'on peut classer comme suit par ordre décroissant: chiffons neufs, sulfite raffiné, vieux chiffons, sulfite de soude et papier journal. La présence de résine, de colle

forte, d'alun, de fer, de lignine ou d'autres substances ajoutées accidentellement ou à dessein, a une influence considérable sur la dégradation par la lumière. Les matériaux qui sont détériorés par la lumière comportent les matériaux utilisés pour la reliure (fil, mousseline, parchemin) et divers types de plastiques, caoutchouc, adhésifs, et de nombreux colorants. L'altération due à la lumière solaire se traduit par une plus grande diminution de la résistance au pliage, de la résistance au déchirement et à la traction.

Pour assurer la protection du papier contre la lumière solaire, l'idéal serait que le dépôt d'archives soit dépourvu de fenêtres et qu'il soit éclairé quand le besoin s'en ferait sentir au moyen de lampes de faible puissance. Dans les salles qui possèdent des fenêtres, celles-ci doivent être munies d'écrans opaques ou de rideaux épais ou bien les documents doivent être conservés dans des cartons fermés. L'exposition permanente de documents de valeur n'est pas conseillée. A moins que des dispositions spéciales soient prises pour réduire la durée d'exposition à la lumière dans toute la mesure du possible, les expositions temporaires sont préférables. Il faut éviter que la lumière solaire tombe directement sur le papier soit dans les magasins, soit au moment des expositions en utilisant des stores et rideaux opaques. L'intensité de la lumière, naturelle ou artificielle, ne doit pas être excessive. Il n'existe guère de différence entre l'éclairage fluorescent et l'éclairage au moyen de lampes à filament de tungstène du point de vue de la décoloration, bien que l'intensité de la source lumineuse soit un facteur important. Toutefois, pour l'éclairage intérieur des vitrines, les tubes fluorescents doivent être choisis de préférence aux lampes à filament de tungstène, car ils donnent une lumière plus froide; mais il est indispensable que l'équipement auxiliaire, tel que les interrupteurs, etc., soit fixé à l'extérieur de la vitrine, ce qui permet d'ailleurs d'y accéder facilement pour l'entretien. L'éclairement par le toit doit être limité afin de réduire l'intensité lumineuse. Lorsqu'il existe des fenêtres verticales, la lumière peut être diffusée au moyen de stores vénitiens. Dans certains cas la protection peut être assurée en fixant sur les fenêtres un verre spécial qui a la propriété d'arrêter les rayons les plus nocifs. Un tel verre coupe une partie du spectre et diminue dans une certaine mesure l'éclairement total. Les verres spéciaux réduisent effec-

tivement la tendance au pâlissement, mais il faut ajouter qu'il n'existe aucun verre qui empêchera complètement le pâlissement des couleurs. Le verre contenant des oxydes de cérium et de cobalt protège au maximum les documents graphiques contre la décoloration des rayons ultraviolets et les verres de couleur rouge, vert, jaune citron, brun foncé, jaune, ou brun clair, assurent une certaine protection contre la lumière solaire en ce qui concerne le papier chiffon à double encollage, le papier à 50% de chiffon collé à la colophane, le papier à 50% de sulfite et le papier à sulfite libre. Parmi ceux-ci les verres colorés en brun jaunâtre donnent la meilleure protection.

Certains filtres optiques spéciaux ont été commercialisés; ils auraient pour effet d'éliminer les rayons nocifs. Ces filtres sont incolores et donc ne gênent pas l'examen des documents. Il sont disponibles sous forme de feuilles plastiques – en général du Perspex – dans lequel un produit chimique spécial a été ajouté de telle sorte que la courbe de transmission est brusquement coupée au voisinage de 400 millimicrons. L'un des plus efficaces est désigné sous le nom de Oroglas 11 UF. Une firme américaine a produit une solution qui peut être appliquée soit au pinceau soit par pulvérisation sur le verre pour obtenir le même résultat.

On a également utilisé avec succès une méthode qui consiste à placer les objets dans une atmosphère inerte pour les protéger des atteintes de la lumière (Circulaire NBS n° 595181 [Préservation de la Déclaration d'indépendance et de la Constitution des États-Unis]). Cette méthode doit être utilisée avec prudence. Certaines substances telles que le bleu de Prusse pâlissent par réduction en atmosphère inerte.

CHALEUR ET HUMIDITÉ

Le papier stocké se détériore avec le temps, aussi bonnes que soient les conditions de conservation. Cette modification, jaunissement et fragilité du papier qui en résulte, est désignée sous l'appellation de «vieillissement naturel». La détérioration augmente avec la température; même des expositions pendant de courtes périodes à une température élevée provoquent le jaunissement et la fragilité du papier. Par contre, une basse température retarde le processus de vieillissement.

Les modifications provoquées dans le papier par une exposition à des températures élevées, par exemple à 100 °C pendant 72 heures, peuvent être déterminées par l'essai de vieillissement accéléré qui est largement utilisé pour mesurer la stabilité du papier. On a constaté que le chauffage à 100 °C pendant 72 heures équivaut à 25 ans de conservation dans des conditions normales.

En comparant les données obtenues au moyen d'échantillons après 4 et 8 ans de vieillissement normal avec celles résultant du vieillissement accéléré, on a constaté que la stabilité des papiers à un rapport avec la pureté chimique. Les papiers conservent le même degré de stabilité relative que celui résultant de la conservation des caractéristiques de résistance au pliage. En d'autres termes, les modifications d'ordre chimique sont les mêmes pendant 8 ans de vieillissement naturel que pendant le vieillissement accéléré. La présence d'une teneur élevée en alpha-cellulose, d'un faible indice de cuivre, et d'une acidité modérée dans les échantillons comparés a amené Scribner à conclure que la cellulose des papiers stables reste dans une condition satisfaisante.

Les essais thermiques sur du papier fabriqué à partir de chiffons et ayant les caractéristiques des bons papiers d'édition ne font apparaître aucun changement appréciable dans ce papier, c'est-à-dire qu'ils montrent que celui-ci est tout à fait stable alors qu'avec les papiers fabriqués avec un mélange de pâte au sulfite et de pâte à la soude, les essais montrent qu'ils sont moins stables que les papiers fabriqués avec des fibres pures. D'autre part, ces essais font apparaître une relation étroite entre la pureté de la cellulose des fibres et la stabilité des papiers non collés fabriqués avec ces fibres. La stabilité du papier décroît à mesure qu'augmente la teneur en charges et elle est influencée par la quantité plutôt que par le type de charges. Les charges non alcalines, si elles sont utilisées dans des proportions exactes, n'ont pas d'influence nocive sur la stabilité des papiers et les charges au carbonate de calcium ont un effet protecteur ou inhibiteur sur le processus de vieillissement. Toutefois, l'acidité constitue un facteur important, car l'attaque de la cellulose augmente avec l'augmentation de l'acidité dans les papiers.

Alors que la chaleur associée à une faible humidité provoque le dessèchement et la fragilité du papier, une chaleur humide

le ramollit et favorise la croissance des moisissures. Pour conserver le papier en bon état pendant une longue durée, il est indispensable de maintenir une température et une humidité modérées. On a constaté qu'une température de 20 à 24 °C et une humidité relative de 45 à 55% contribuent à maintenir en bon état et à conserver les documents d'archives. Même un papier de mauvaise qualité, qui dans des conditions ordinaires aurait assez peu de chances de survivre à la détérioration, peut être conservé très longtemps si ces conditions précises sont respectées.

Il n'est pas facile de maintenir quotidiennement les conditions atmosphériques satisfaisantes dans une habitation privée, dans une réserve ou un dépôt d'archives. Heureusement la présence de matériaux hygroscopiques tels que tapis, rideaux, coton, laine et autres textiles (dans un appartement) contribue à limiter l'humidité excessive et tend à stabiliser les conditions atmosphériques. Pour minimiser les effets des modifications de la teneur en humidité, les documents doivent être enveloppés dans du papier, et de préférence dans des textiles; le coton et le lin sont les matériaux les plus sûrs.

L'humidité excessive affaiblit le papier et favorise la croissance de micro-organismes qui se nourrissent du produit d'encollage utilisé, de la cellulose, de la colle de pâte, du cuir, etc. Si cette altération est stoppée immédiatement en séchant les papiers attaqués, le mal n'est pas grand; mais si elle se poursuit, le papier jaunit et se couvre de taches colorées, c'est-à-dire que les moisissures se développent. Comme la véritable source des altérations est l'humidité et l'air stagnant, on peut y remédier en prenant les mesures exposées dans la section consacrée à la détérioration biologique.

Détérioration chimique

La cellulose est attaquée lentement par les acides, même dans les conditions de conservation les plus favorables. Elle se décolore, devient fragile et friable. Toutefois, si le papier est stocké dans des conditions de chaleur et d'humidité excessives, ou est exposé à la lumière, par exemple dans les pays tropicaux, ces altérations s'accélèrent considérablement. La distinction entre la détérioration du papier due aux agents chimiques tels que les gaz

acides, etc., et aux agents physiques tels que la chaleur, la lumière, etc., porte sur la catégorie de réactifs plutôt que sur le genre de réaction qui se produit dans le papier. Une telle détérioration est différente des altérations résultant des agents biologiques.

La dégradation du papier par des agents chimiques peut être causée par les gaz ou fumées acides présents dans l'atmosphère, la poussière, les encres, etc., ou par l'action nocive des produits chimiques utilisés dans la fabrication du papier.

POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

La pollution atmosphérique est l'une des principales causes de dégradation chimique du papier. Ces éléments polluants sont les oxydes de carbone, d'azote et, surtout, de soufre. Ils ont besoin d'humidité et d'une libre circulation de l'air pour être actifs en tant qu'agents de détérioration. Les oxydes qui causent le plus de dégâts au papier sont les oxydes de soufre. Leur présence dans l'atmosphère est due essentiellement à la combustion du charbon et du pétrole, notamment dans les zones industrielles. Le gaz par lui-même n'a aucune nocivité à l'égard du papier et des matériaux de reliure, tels que le cuir. On a démontré que des matériaux convenablement enveloppés et ayant une teneur en humidité normale ne sont pas altérés même dans un environnement fortement contaminé. Mais des traces de fer et de cuivre présentes dans le papier ou le cuir sont capables de catalyser la transformation de l'anhydride sulfureux en acide sulfurique. Le gaz ou la réaction entre l'oxygène et les vapeurs d'eau présentes dans l'atmosphère forment également de l'acide sulfurique. Cet acide a un effet extrêmement nocif sur le papier. Il peut agir comme catalyseur ou provoquer le déplacement de la molécule d'eau dans la molécule de cellulose ou encore causer une légère oxydation, tout cela se traduisant par la rupture ou la détérioration de la molécule.

Beaucoup de travaux ont été consacrés aux effets de l'anhydride sulfureux sur le papier et aux moyens de l'extraire de l'atmosphère des dépôts ou des salles d'archives.

La première étude systématique date de 1898, lorsque le Committee of the Royal Society of Arts on the Deterioration of Paper signala que le gaz d'éclairage provoquait des altérations

dans tous les papiers quelle qu'en soit la qualité. Au XX^e siècle, des travaux analogues ont confirmé que les gaz acides de l'atmosphère contribuent dans une très large mesure à la détérioration des documents d'archives et que la fragilité du papier peut être attribuée à la présence de traces d'anhydride sulfureux dans l'atmosphère qui agissent sur des traces d'impuretés métalliques contenues dans le papier. On a constaté que le papier des livres conservés dans les zones urbaines est plus acide que le papier des livres conservés dans les régions rurales. Cela est attribué au fait que l'air des régions rurales est moins contaminé.

Pour déterminer l'effet sur le papier d'une faible concentration d'anhydride sulfureux, telle qu'on la trouve en général dans les grandes villes, des échantillons de papier du commerce dont la composition en fibres était variable ont été exposés dans une atmosphère contenant de 2 à 9% d'anhydride sulfureux à 30 °C et 65% d'humidité relative, pendant 240 heures. On a observé dans chaque échantillon une détérioration marquée et un taux d'acidité anormalement élevé.

Dans une autre série d'essais, on a constaté que certains papiers de haute qualité à forte teneur en alpha-cellulose étaient plus altéré que les papiers de qualité inférieure, ce qui montre clairement qu'un papier de haute qualité ne peut donner une indication exacte de la résistance à l'action nocive de l'anhydride sulfureux. En outre, du papier exposé à une concentration d'anhydride sulfureux en atmosphère urbaine a montré une altération marquée au bout de 10 jours. On a observé que dans l'action de l'anhydride sulfureux sur le papier la température et l'humidité jouent un rôle important, car la sensibilité à l'anhydride sulfureux était très supérieure à des températures élevées et avec une forte humidité.

Dans une autre série d'essais, des échantillons de papier ont été exposés à des vapeurs d'anhydride sulfureux. On a constaté que différentes parties du même échantillon présentaient des conditions physiques et une composition chimique différentes. Par exemple les zones voisines des bords, c'est-à-dire les sections les plus exposées aux vapeurs, étaient le plus gravement altérées. On s'est aperçu que dans ces zones le *p*H et la teneur en alpha-cellulose étaient les plus faibles et que l'acidité titrable, la teneur en sulfate soluble à l'eau et l'indice de cuivre étaient les plus élevés. Ces résultats montrent que lorsque la teneur en alpha-

cellulose, le *p*H et l'endurance au pliage diminuent, l'indice de cuivre augmente. L'augmentation du taux d'acidité provoque une diminution de l'endurance au pliage, diminution qui semble constituer le signe le plus évident d'une détérioration. Ce phénomène a également été signalé et confirmé par d'autres chercheurs qui s'occupent de ce problème.

Le résultat de ces essais a été le suivant: un papier chiffon pour registres et un papier pour titres fabriqués avec de la fibre de bois très purifiée ont subi le moins d'altérations, alors qu'un papier édition à base de pâte chimique de bois, un papier chiffon anglais, avec collage à la colle forte et à la colophane, un papier édition à la pâte chimique de bois avec collage et supercalandrage, un papier édition à 75% de chiffon, un papier édition à 100% de chiffon, fini à la machine et un papier écriture blanc à pâte de sulfite ont subi des détériorations marquées.

On a constaté que dans un manuel qui contenait au moins trois types de papier et qui avait été exposé à l'atmosphère de Londres sur un rayonnage de 1919 à 1939, puis placé dans un lieu clos pendant les dix-sept années suivantes, une partie ne présentait que des altérations modérées alors que les deux autres étaient devenues très fragiles. Cela montre que des papiers tout à fait semblables peuvent avoir une sensibilité très différente aux éléments polluants de l'atmosphère. On a remarqué en outre que la haute qualité d'un papier n'est pas une garantie qu'il absorbera moins d'acides qu'un papier d'une qualité inférieure et que le séjour dans un lieu clos est très efficace pour empêcher les dégâts dus à l'atmosphère. Cependant d'autres travaux ont montré que la plus forte absorption d'acides se produit à la périphérie des feuilles. Les observations ci-dessus expliquent clairement pourquoi les bords d'un livre se détériorent rapidement alors que le centre des pages reste en général intact pendant longtemps.

EFFETS DE LA POUSSIÈRE

L'action nocive des composés du soufre est aggravée par la poussière et les impuretés qui constituent la cause d'une dégradation physique et chimique. La poussière n'est pas un matériau inerte; elle contient des radicaux acides ainsi que des ions métal qui

contribuent parfois à catalyser les processus de dégradation. Une pellicule de poussière attire l'humidité qui est nécessaire pour que les polluants gazeux de l'atmosphère aient une action chimique sur les matériaux. Comme la plupart des poussières et des impuretés sont microscopiques, elles maintiennent généralement sur une surface un degré d'humidité supérieur à la normale. Par conséquent, il est indispensable que les salles d'archives soient propres.

Néanmoins, il est frappant de constater qu'une faible partie de la détérioration totale d'un papier est imputable à la présence de ces agents nocifs dans l'atmosphère. On a constaté que différents livres conservés dans les mêmes conditions montrent différents degrés de détérioration. Par exemple, les pages de livres qui n'ont que trente à cinquante ans sont craquelées alors que celles de livres du XVII[e] siècle, voire même d'époques antérieures, sont encore souples et résistantes. Il est donc évident que les conditions de conservation ne sont pas responsables par elles-mêmes de la détérioration marquée qu'on constate dans des volumes relativement neufs. Malgré cela, on ne s'est pas assez préoccupé d'identifier ou de faire disparaître les autres causes de détérioration, par exemple les agents introduits dans le papier au moment de la fabrication et l'emploi des encres pour la production de documents, etc.

SUBSTANCES CHIMIQUES NOCIVES

Parmi les causes de détérioration du papier on peut citer, au stade de la fabrication, les méthodes imparfaites de cuisson, l'emploi excessif d'alun, le collage à la colophane et la présence de chlorures résiduels dus au blanchiment. Les hydrates de carbone oxydables que contient la pâte chimique de bois contribuent également à la dégradation chimique du papier. Une petite partie des altérations peut être due à la dégradation de la cellulose, mais la majeure partie de l'acide présent dans le papier s'explique probablement par le fait que les fibres ne sont pas entièrement débarrassées des chlorures et par l'emploi d'alun pour le collage.

La plupart des matériaux anciens ont fait preuve d'une étonnante stabilité dans des conditions de conservation qui n'assu-

reraient au papier moderne qu'une durée de quelques décennies. Par exemple les manuscrits sur feuilles de palmier, écorce de bouleau, papyrus, parchemin, vélin, et même sur du papier fait à la main fabriqué il y a plus de quatre siècles, peuvent encore être consultés dans nos bibliothèques et nos archives. Les chiffons de lin étaient la principale source de fibres de cellulose dans la fabrication des papiers anciens et un grand nombre de ceux-ci se sont bien conservés. Plusieurs chercheurs ont découvert que les papiers anciens les plus résistants sont ou bien très légèrement acides (pH = 6,0 et au-dessus) ou légèrement alcalins (voir page 23) et ils attribuent cette condition à la présence de certains composés, essentiellement de calcium et de magnésium. Ceux-ci ont pu être ajoutés au papier soit pendant le blanchiment des chiffons au moyen d'extraits de cendres de bois, soit au moment du lavage des chiffons avec de l'eau contenant des bicarbonates de ces éléments ou parce que de la chaux était utilisée lors de la préparation de la pâte. Quelle que soit leur origine, on a constaté que la présence de ces composés dans le papier était favorable à la conservation; ces papiers existent encore alors que des papiers acides de la même période sont aujourd'hui extrêmement fragiles ou ont entièrement disparu.

L'emploi de sulfate de potassium et d'aluminium pour le collage interne avant la fin du XVII[e] siècle n'a été que la première d'une série de mesures qui ont fini par menacer la durée de vie du papier. L'alun est une substance relativement acide; c'est pourquoi il ne faut pas trop dépasser la quantité nécessaire pour précipiter entièrement la résine. Mais la pratique actuelle est bien différente; on a remarqué qu'il est bien plus facile d'ajouter une dose d'alun trop forte qu'une dose trop faible, car l'alun est considéré comme un remède pour de nombreuses difficultés de fabrication du papier, telles que la mousse; un certain excès d'alun est d'autre part indispensable pour obtenir les meilleurs résultats avec certaines couleurs.

Les traces de chlorures laissées dans le papier par un lavage insuffisant ou à la suite du blanchiment contribuent à renforcer l'action de dégradation d'une quantité excessive d'alun dans le papier. Il est probable que le sulfate d'aluminium réagit avec le chlore pour former du chlorure d'aluminium, lequel, en présence d'humidité et de chaleur, produit de l'acide chlorhydrique, l'un des plus puissants de tous les acides qui détériorent la cellulose.

Face à une demande croissante, les fabricants de papier ont découvert qu'ils pouvaient utiliser des chiffons de mauvaise qualité si leur coloration jaune était corrigée par un bleuissement ou s'ils pouvaient blanchir d'autres matériaux décolorés et souvent de mauvaise qualité au moyen de chlore. Ces ressources en cellulose étaient insuffisantes pour répondre à une très forte demande de papier. A partir de 1860 d'autres matières cellulosiques telles que l'herbe, le bois, etc., ont été utilisées et elles sont rapidement devenues les matières premières du papier. Le traitement chimique qu'elles subissaient a introduit de nouvelles menaces contre la permanence du papier soit à cause des constituants indésirables des matières premières, soit en raison des résidus ou de l'effet des réactifs utilisés pour faire disparaître ces constituants, par exemple le chlore, la soude caustique, le sulfate de sodium, le bisulfite de calcium, etc. Il en est résulté que le papier des livres ayant de vingt-cinq à cinquante ans s'est détérioré bien qu'ils aient été conservés dans les mêmes conditions que des milliers de livres imprimés ou écrits il y a quatre siècles ou davantage et qui existent encore dans nos bibliothèques et nos salles d'archives, avec leur papier encore blanc, résistant et souple.

ACTION DES ENCRES

L'histoire des encres explique aussi l'acidité du papier provoquée par les produits chimiques nocifs utilisés dans la production du papier ou dans celle des documents.

Pendant le moyen âge, les encres au carbone ont été remplacées graduellement par des encres à base de sels de fer et de noix de galle. En raison de l'interaction du sulfate de fer avec les tanins, de l'acide sulfurique s'est formé dans ces encres, leur concentration variant avec celle de ces produits. On rencontre très fréquemment dans les bibliothèques et les dépôts d'archives des documents endommagés par des encres fortement acides. Les dégâts sont toujours importants. On a constaté qu'une teneur élevée en acide dans les encres provoque souvent la perforation du papier tandis que des encres à faible teneur en acide ne provoquent pratiquement aucun dégât. Ceci peut être dû au fait que l'alcalinité du papier s'oppose dans certains

cas à l'acidité de l'encre et la neutralise. C'est la raison pour laquelle les dégâts que provoquent ces encres dans les documents sur vélin et parchemin, qui ont une forte teneur en chaux, sont peu importants.

DÉGRADATION PROVOQUÉE PAR L'IMPRESSION

On peut dire que, d'une part, l'imprimerie a annoncé l'âge moderne du papier parce qu'elle a contribué à stimuler les besoins et les usages et fait progresser la technique permettant de satisfaire ces besoins et, d'autre part, qu'elle a été la cause d'une diminution progressive de la permanence du papier, qu'elle semblait au contraire devoir assurer. Ce fait s'explique essentiellement par l'emploi de matériaux tels que la paille, l'alfa, la pâte de bois, le bambou, le lin, la rayonne, les déchets de coton, etc., ou de mélanges de ces matériaux à la place des chiffons dans la fabrication du papier. Des papiers de ce genre sont d'une qualité bien inférieure et ils se sont détériorés.

MESURES PRÉVENTIVES

Ce sont ces papiers, rongés et affaiblis par l'acide qu'ils contiennent (du aux gaz de l'atmosphère, aux produits chimiques utilisés dans la fabrication du papier ou à l'acidité des encres, etc.) qui exigent nos soins et notre attention. La climatisation des dépôts, des bibliothèques etc., et la neutralisation de l'acide en excès sont au nombre des remèdes qui ont été proposés. L'air qui pénètre dans les salles d'archives, les bibliothèques, etc., doit être épuré dans une solution alcaline au cours de son passage dans les appareils de climatisation. Pour faire disparaître les composés sulfureux nocifs, il est recommandé que l'eau de la solution ait un *p*H de 8,5 à 9,0.

DÉSACIDIFICATION

Il résulte des observations ci-dessus qu'on peut logiquement s'attendre que la stabilité du papier sera améliorée au moyen

de certains produits qui peuvent effectivement neutraliser l'acidité en excès que contient le papier. Une œuvre de pionnier a été accomplie dans cette direction par William J. Barrow. La méthode qu'il a suggérée a été acceptée même parmi les partisans de méthodes orthodoxes de restauration des documents, tel Roger Ellis qui déclare « on peut dire ici en passant, mais nettement, que la technique de désacidification de M. Barrow est une découverte tout à fait admirable ». Depuis cette époque de nombreuses recherches se sont développées dans la même voie (voir chapitre 5).

3 Principes de la restauration

Les documents qui parviennent aux ateliers de restauration pour y être réparés sont ceux qui ont subi l'action de l'un ou l'autre, ou des trois agents de détérioration: biologique, physique ou chimique, ou qui ont été endommagés par des inondations ou des incendies. Le plus souvent, ces documents sont des exemplaires uniques et ils ont donc une grande valeur pour les savants et les administrateurs. Pour cette seule raison, quelles que soient leurs autres qualités, ces documents doivent être préservés.

Pour restaurer des documents, il ne suffit pas de les renforcer en y appliquant du papier et de la colle. La tâche exige une connaissance approfondie des documents et des divers procédés de réparation auxquels ils ont été soumis dans le passé et qu'ils vont subir maintenant. La moindre erreur dans le travail, entrepris sans une connaissance préalable de la nature du problème, peut se traduire par des dégâts irréparables ou même par la perte totale du document. Il est fréquent de voir des documents qui ont été endommagés en adoptant de mauvaises techniques de restauration, en accomplissant le travail à la hâte et en utilisant des matériaux de composition inconnue et de durabilité incertaine. Par conséquent le restaurateur de documents doit être au courant des diverses méthodes de réparation et de leurs avantages et inconvénients respectifs. Il doit également connaître les matériaux utilisés pour créer les archives ainsi que les matériaux qui ont été ou qui peuvent être utilisés pour les conserver et les restaurer. Par exemple, il doit connaître la composition des divers types de papiers et d'encres – les deux matériaux qui ont été utilisés pour créer des documents d'archives depuis l'invention du papier – ou d'autres matériaux (parchemin, vélin, cuir, textile, feuilles de palmier,

écorce, cartons, films, matières plastiques et adhésifs, etc.), qui ont été utilisés dans le passé et dont certains sont encore en usage. En outre, il doit savoir quelles sont leur aptitude à la conservation et leur durabilité dans diverses conditions de conservation et d'utilisation.

Avant toute tentative de réparation, les documents doivent être minutieusement examinés pour vérifier l'importance de la dégradation des matériaux. Alors seulement on peut déterminer le type de traitement nécessaire pour augmenter leur longévité, ou les procédés de renforcement.

Les principes de restauration sont universels, quelles que soient les conditions climatiques. Quand on les connaît, et après un certain nombre d'expérimentations préalables, il n'est pas difficile de trouver des solutions adaptées à chaque situation particulière, car les difficultés qui se rencontrent sont souvent une question de degré plutôt que de nature. De toute façon, pour un travail de ce genre, l'expérience et les connaissances sont indispensables.

Examen d'un document

A la réception, un document peut être examiné en tenant compte des points suivants:

Nature du matériau. Le restaurateur doit s'assurer que le document est écrit sur papier – et, si c'est le cas, se faire une idée approximative du type de papier – ou sur parchemin, sur feuille de palmier, sur écorce de bouleau ou sur tout autre matériau. S'il est relié, il doit rédiger une note indiquant la couleur et le type de reliure, le type de couture et le nombre de cahiers.

Importance des dégâts. Un examen du document révélera si celui-ci est jauni, souillé, endommagé par les insectes, les champignons, l'eau, ou par les trois à la fois, s'il est ramolli, si le produit de collage a disparu, s'il est en plusieurs morceaux ou se brise dès qu'on le touche, ou si certaines parties sont manquantes, s'il est plié et ne peut être ouvert sans se rompre à la pliure, etc. Toutes ces observations doivent être notées. Si le document est relié, une note doit indiquer si les coutures ont cédé, si le dos est enfoncé ou si les couvertures se sont détachées. S'il contient des plans, des

cartes ou des sceaux, leur condition peut être notée: par exemple, si un sceau est brisé, desséché ou craquelé, ou si l'inscription qu'il porte est maculée; cela doit être soigneusement noté. De plus, il conviendra de rédiger une note concernant la couleur du sceau, la façon dont il est attaché au document et, si le sceau est absent, de préciser si le document en a comporté un. S'il s'agit d'une carte (ou d'un plan) il faudra observer son état, rechercher si elle a été endommagée superficiellement ou si l'encre ou la couleur s'écaille ou s'est écaillée, si elle peut être pliée sans se dégrader ou endommager les autres documents de la collection.

Type d'encre. On cherchera ensuite à savoir si l'encre est soluble ou non dans l'eau. Pour cela, on dépose une goutte d'eau sur l'encre, on laisse l'eau pénétrer et on applique ensuite un buvard sur la partie traitée. Si l'encre est soluble dans l'eau, elle laissera une trace sur le buvard. Il faut prendre de grandes précautions avec les documents colorés, car l'étalement des couleurs pourrait nuire à l'aspect du document. Il faut ensuite vérifier si l'encre a pâli ou s'est écaillée, ou si elle a brûlé le papier là où le trait est épais ou si elle a pénétré profondément dans les fibres et a atteint l'autre côté: ce phénomène est un indice positif de la nature acide de l'encre.

Acidité. L'acidité du papier peut être déterminée en mesurant le *p*H d'un extrait aqueux d'une partie du document. Un *p*H de 6,2 et au-dessous est un indice sûr de la nature acide du document et oblige à procéder à une désacidification avant le travail de restauration (voir chapitre 5).

Numérotation. La numérotation des documents, qu'ils soient en feuilles séparées ou reliés en volumes, doit être vérifiée. Si l'on constate une erreur, on refait la numérotation. Celle-ci doit être indiquée au bas de la page, soit au milieu, soit dans le coin droit, et une marque distinctive de l'atelier de restauration doit être apposée au début et à la fin de la numérotation. Par exemple, une ligne tracée sous le chiffre, ou un cercle, ou toute autre figure tracée autour des mots du début et de la fin du document sont des marques distinctives qui sont utilisées dans divers dépôts d'archives du monde. Pour la numérotation, il faut utiliser certains mots repères. Lorsqu'on numérote un document, il faut

faire en sorte que les divers fragments d'une page déchirée soient indiqués par une lettre, *a*, *b*, *c*, etc., ajoutée au numéro de la page afin qu'ils ne soient pas mal placés. A la fin d'une série ou d'un volume, le numéro de la dernière page doit, en règle générale, être souligné et le mot « Fin » écrit sous le trait; par exemple: $\frac{346}{\text{Fin}}$, ou 346/Fin. S'il existe des feuilles, des plans ou des cartes de grandes dimensions, et qui ne peuvent être conservés sans risque avec le reste des feuilles, ils doivent être retirés et conservés séparément. Des feuilles blanches doivent être insérées à leur place pour indiquer le lieu où les feuilles qui ont été enlevées sont conservées. Cependant, si ces feuilles sont peu nombreuses et si elles peuvent être pliées, il faudra prendre soin de les plier autant que possible le long de la partie qui n'est pas couverte par l'écriture. La feuille sera pliée le long de la marge extérieure ou à partir du bas de la page. Les doubles plis doivent être évités, car le document devient fragile lorsque les deux plis se rencontrent.

Règles de restauration

Après l'examen auquel a été soumis le document selon les règles indiquées ci-dessus, on doit choisir le procédé de restauration qui le renforcera et assurera sa durabilité pour la conservation et l'utilisation. Toutefois, avant de procéder à un renforcement il convient d'observer un certain nombre des règles énumérées ci-dessous.

L'originalité du document ne doit être modifiée en aucune façon et la réparation doit être exécutée proprement. Un restaurateur doit autant que possible conserver la condition et l'aspect original du document et ne le réparer que lorsque cela est nécessaire pour empêcher que le papier et les autres matériaux du document ne se détériorent davantage. S'il s'agit d'un sceau très fissuré, ou auquel une partie manque, la restauration peut être effectuée pour le conserver, mais en aucun cas on ne doit le reconstituer, car son authenticité serait détruite. D'autre part, un document ne doit pas être rogné pour enlever les bords détériorés, car son originalité serait compromise. Pour la même raison, il ne faut pas coller de pièces uniquement pour renforcer une partie ou pour faire disparaître

un pli. Une telle réparation est inesthétique et, en outre, elle endommage le document.

Il est donc indispensable que les documents en bon état ne soient pas réparés simplement pour le plaisir de réparer. Mais si leur résistance est diminuée, un traitement de fond devient nécessaire pour la rétablir. Dans ce cas, la résistance du document devient celle des matériaux de renforcement, c'est-à-dire que l'aptitude à la conservation des documents renforcés dépend de la qualité des matériaux utilisés.

Lorsqu'il s'agit d'un volume, l'ordre des pages ne doit pas être modifié, sauf si cela est nécessaire pour assurer la protection du document lui-même et sa conservation dans de bonnes conditions. Les gros volumes sont difficiles à manier et ont tendance à se casser, ce qui peut avoir pour effet d'endommager le document. Pour assurer la conservation, la manipulation et le rangement dans de bonnes conditions de ces volumes, ceux-ci peuvent être séparés en plusieurs parties puis reliés. A cet effet chaque feuille, qu'elle ait été réparée ou non, doit être munie d'un onglet qui lui donne des dimensions uniformes et facilite l'ouverture à plat.

La nature et l'importance de la réparation doivent être évidentes. S'il manque un fragment au document ou si celui-ci a de gros trous, le restaurateur doit d'abord remplacer la ou les parties manquantes avec un nouveau matériau de même nature. Par exemple, si un document est en papier, il doit être réparé avec du papier et, s'il est en parchemin, avec du parchemin. Toutefois, il faut s'assurer que le grain du papier ou du parchemin utilisé est orienté dans la même direction que celui du document. Ainsi, la dilatation, quand on mouille le document, et le retrait, lorsqu'il sèche, seront identiques dans chaques direction, dans le document et dans le matériau de renforcement.

Il ne faut jamais teinter le papier ou le parchemin pour les harmoniser avec le document réparé. Un tel procédé est une falsification et compromet l'originalité du document, ce qui est contraire à la première règle applicable en matière de restauration de documents d'archives: la nature et l'importance de la réparation doivent rester apparentes.

Les documents qui sont écrits d'un seul côté peuvent être renforcés avec le même type de matériau que celui du document lui-même. Cependant, si un document est écrit des deux côtés

il doit être réparé avec du papier de soie ou de la gaze de soie collés, ou au moyen d'une pellicule d'acétate de cellulose en combinaison avec du papier de soie ou de la gaze de soie, l'ensemble étant chauffé et pressé, ou au moyen d'un solvant tel que l'acétone. Une telle méthode permet d'obtenir un document homogène dont les propriétés sont identiques à celles du document original et qui répond uniformément aux variations de température et d'humidité et aux effets du temps et de la manipulation. Ces réparations doivent être signalées en conservant une marge de 2 mm autour du document.

Le texte ne doit être ni altéré ni détérioré. Si l'écriture a disparu, il ne faut pas essayer de la remplacer. Si elle a pâli, elle ne doit pas être ravivée par une surcharge, ou en la traitant par l'une des méthodes chimiques suggérées pour raviver les encres; en effet, ces produits chimiques, avec le temps, affaiblissent le papier et causent souvent une perte irréparable. Si les encres contiennent du fer, elles peuvent être facilement déchiffrées et photographiées, au besoin en lumière ultraviolette ou infrarouge.

Si, toutefois, l'écriture est devenue fragile à cause de l'altération du support, elle doit être fixée au moyen de produits et d'adhésifs dont les constituants sont connus et qui n'auront aucun effet nocif sur le papier ou sur tout autre constituant du document.

L'acidité du papier ou de l'encre doit être neutralisée à l'aide des méthodes décrites au chapitre 5. De grandes précautions doivent être prises avec les encres et les couleurs solubles dans l'eau; ces encres doivent d'abord être protégées en appliquant au pinceau, soit une solution à 5% d'acétate de cellulose dans un volume égal d'acétone et d'acétate d'amyle, soit une solution de 5% de métacrylate de méthyle dans l'acétone ou le benzène, soit une solution à 5% de nylon soluble, avant de procéder à la neutralisation. Toutes ces opérations doivent être effectuées avec précaution et par des techniciens bien entraînés et sous contrôle.

Le procédé utilisé doit être réversible. Toutes les réparations doivent mettre en œuvre des procédés qui non seulement confèrent une certaine résistance au document, mais permettent aussi de retrouver le document original ultérieurement, si cela est nécessaire, pour une raison ou pour une autre. Un certain nombre de procédés qui ont fait leurs preuves existent pour cela; ils ont été utilisés

dans le passé avec un pourcentage très élevé de réussite, mais ils sont lents et prennent beaucoup de temps; aussi sont-ils insuffisants eu égard à la quantité énorme de documents d'archives qui requièrent l'attention du restaurateur. Pour accélérer les travaux de réparation, de nouvelles techniques ont été mises au point, mais si elles ne sont pas correctement étudiées et appliquées, elles détériorent le document au lieu de le renforcer. Les divers procédés, avec leurs avantages et leurs inconvénients respectifs, sont étudiés dans le chapitre 6: « Restauration ».

Un document d'archives est unique par nature. Ce principe étant admis, un restaurateur ne choisira pas un procédé qui risquerait d'endommager gravement un document ou qui ne pourrait être abandonné en cours de route. Autrement dit, il utilisera un procédé qui ne diminuera en rien l'utilité du document, qui laissera intact le texte, ne maculera pas l'encre et n'affaiblira pas le support. Une restauration mal conçue au lieu de renforcer le document est susceptible d'être nuisible à terme. Il est donc essentiel d'utiliser un procédé dont les aptitudes ont été prouvées et qui peut être facilement abandonné ultérieurement ou en cours d'application.

Le procédé adopté doit assurer un maximum de renforcement pour un coût minimal. Dans le monde entier, les institutions d'archives sont confrontées au problème du financement des travaux de conservation, car ils exigent l'emploi des meilleurs matériaux, qui sont coûteux, et la quantité des documents à réparer est énorme. Il est donc indispensable d'utiliser les procédés qui assurent le maximum de résistance, c'est-à-dire la durabilité et la permanence, et qui sont en même temps peu coûteux. La lamination par solvant est l'un de ces procédés: il n'exige pas d'équipement coûteux, il est facile à appliquer, et il utilise des matériaux éprouvés qui sont les moins chers pour une protection maximale. Toutefois, il n'accélère pas les travaux de restauration dans la mesure nécessaire pour liquider la masse énorme de documents qui doivent être renforcés. En outre, ce procédé permet le traitement individuel de documents, ce qui est très important pour assurer leur permanence. Le coût d'un document du format tellière est inférieur à 10 cents la feuille. Il existe également d'autres procédés efficaces; ils sont examinés au chapitre 6.

Les matériaux utilisés pour les réparations doivent être durables et permanents. Un document ou un volume bien réparé est un produit qui associe des matériaux de qualité à une bonne exécution. Il ne peut être durable que si tous les matériaux utilisés sont compatibles les uns avec les autres, et également durables. Par exemple l'utilisation de matériaux hydrofuges sur du papier ou du cuir hydrophile, etc., provoque une instabilité mécanique qui fait plus de mal que de bien au document. Les adhésifs, les fils ou tout autre matériau utilisé, s'ils ne sont pas de la meilleure qualité, ont un effet analogue; par conséquent, la compatibilité des matériaux est un facteur important de durabilité.

Malheureusement, les matériaux traditionnels sont devenus rares en raison de leur coût élevé et leurs substituts modernes, fabriqués à la machine, ne sont pas aussi durables que ceux qui étaient faits à la main. En outre, on produit actuellement, en raison des progrès techniques considérables, de nombreuses fibres et matériaux synthétiques dont on affirme qu'ils sont efficaces et sans aucun effet nocif sur le papier, mais dont l'emploi sans discernement risque de détériorer davantage le document. Pour ne pas commettre d'erreurs, il faut utiliser les matériaux qui ont été éprouvés et dont l'utilité a été constatée après un examen scientifique approfondi. Pour cette raison, il est indispensable qu'une institution d'archives possède un laboratoire d'essai des matériaux ou soit en contact avec un laboratoire auquel elle peut poser le problème et dont elle recueillera les avis. Par conséquent, le restaurateur n'utilisera que les matériaux dont le comportement aura été vérifié pendant une longue période et il accordera sa confiance aux procédés plutôt traditionnels, qui ont prouvé leur efficacité depuis longtemps et dont les essais auront montré qu'ils sont sans danger, et non à ceux qui sont trop compliqués.

4 Nettoyage, lavage et aplanissement

Si un document est poussiéreux, s'il présente des marques de crayon, ou s'il est souillé, taché et plié, il doit être nettoyé, lavé et aplani. Ces techniques exigent une bonne connaissance des supports et beaucoup de sens pratique. Avant de soumettre un document à la rigueur de ces techniques, un restaurateur doit savoir dans quelle mesure le document supportera le traitement.

Nettoyage

BROSSES ET AIR COMPRIMÉ

Pour nettoyer un document de sa poussière, la méthode la plus simple consiste à le brosser doucement. L'opération est longue mais efficace et sans aucun effet nocif sur le document. Pour gagner du temps on utilise un aspirateur; un aspirateur domestique ordinaire muni d'une brosse est efficace pour enlever la poussière des documents et des volumes d'archives.

Toutefois, si les documents à nettoyer sont nombreux, le nettoyage à l'air comprimé est rapide et donne de bons résultats. L'air comprimé est fourni par une pression de 3 à 4 kg par cm^2. Un pistolet muni d'un dispositif régulateur de la pression dirige un jet d'air sur les côtés ou les bords des volumes ou des liasses de documents de telle sorte que toute la poussière est chassée sans endommager le document. Le jet d'air n'est jamais dirigé directement sur les documents. En réglant convenablement le débit, même les documents friables peuvent être nettoyés efficacement. L'opération s'effectue avec un appareil épurateur

d'air spécialement conçu, qui se compose d'une table dont trois côtés, le fond, la face postérieure et la hotte sont réunis à un extracteur d'air par des gaines. L'air chargé de poussière qui est chassé par le jet d'air est éloigné de l'opérateur par l'extracteur et véhiculé dans une enceinte munie de filtres en cellulose amovibles qui retiennent les particules de poussière, et l'air épuré est renvoyé dans la pièce. Les filtres eux-mêmes sont débarrassés des particules de poussière en les secouant. La poussière tombe dans le fond de l'enceinte et ses constituants peuvent être examinés le cas échéant pour se faire une idée des éléments contaminants solides.

Le matériel épurateur d'air est coûteux et il est utilisé dans les institutions qui ont des fonds d'archives importants et où l'acquisition et la réception de documents est également considérable. Dans les dépôts plus petits, l'installation d'épuration se compose d'un extracteur, d'un tube muni d'une buse appropriée et d'une soupape pour régler la pression de l'air ainsi que d'une hotte munie d'un extracteur d'air. L'air chargé de poussière est aspiré par l'extracteur et rejeté à l'extérieur du bâtiment. L'emploi de filtres pour arrêter la poussière n'est donc pas nécessaire.

GOMMES ET AUTRES MATÉRIAUX DE NETTOYAGE A SEC

On peut enlever facilement, à l'aide d'une gomme douce en caoutchouc ou d'autres gommes non abrasives, la poussière superficielle et les souillures qui ont taché la surface, mais n'ont pas pénétré profondément, les marques de crayon et de doigts. Il existe plusieurs types de gommes: gomme éponge, gomme d'artiste, gomme en pâte, et gommes synthétiques telles que gommes au vinyle, etc. La gomme en pâte est peut-être celle dont l'action est la plus douce. Elle enlève la poussière et les traces de crayon aussi facilement qu'un buvard absorbe l'encre. La gomme au vinyle est également d'un emploi facile, mais elle a tendance à agglutiner ses propres débris. En outre, comme toutes les matières plastiques, elle doit être utilisée avec précaution, car elle peut agir sur d'autres résines qui peuvent se trouver dans le papier du document. En revanche, elle peut être utilisée sans danger sur les documents imprimés.

Un produit qui a été souvent utilisé et dont l'usage a été préconisé est la mie de pain; elle nettoie le papier, mais présente un inconvénient: si le papier n'est pas débarrassé des mies, elle provoque des taches. Son emploi n'est donc pas recommandé, car il est plus prudent de n'utiliser que les méthodes qui ont subi l'épreuve du temps et qui ont prouvé leur efficacité.

Outre les gommes mentionnées ci-dessus, un certain nombre de matériaux utilisés dans l'industrie du nettoyage à sec ont été recommandés. Par exemple les sacs de nettoyage et savons Opaline; il s'agit d'un sac en grosse toile qui contient soit du caoutchouc, soit un savon-gomme anti-poussières. Il suffit de le frotter doucement sur les surfaces à nettoyer pour enlever les pellicules épaisses de poussière. Cependant, son action n'est pas plus énergique que celle des gommes et il convient seulement pour enlever les poussières non adhérentes, mais non les fines particules incrustées à la surface du document. Lorsque la surface du sac est sale, on lui imprime un mouvement de torsion et on le secoue; les particules de poussière se détachent, laissant apparaître une surface propre. Parmi les autres matériaux, il convient de mentionner les produits de nettoyage pour papier mural qu'on trouve en bidons chez les marchands de peinture et les quincailliers; parmi les variétés disponibles, on a constaté que l'Absorène convenait pour de grandes surfaces très poussiéreuses. Son emploi et sont effet sont analogues à ceux de la gomme en pâte.

On a constaté que tous ces matériaux, à condition d'être utilisés avec précaution et d'enlever les particules de la surface du document, n'ont aucun effet nocif sur le papier. Les résultats obtenus par l'American Library Association, après des examens microscopiques et des essais de vieillissement accéléré de papiers nettoyés avec ces produits, montrent que les gommes ordinaires, les sacs Opaline et les produits de nettoyage Absorène, ne présentent aucun danger pour le papier.

Technique

Le papier à nettoyer avec l'une ou l'autre des gommes décrites ci-dessus est maintenu fermement. La gomme est alors appliquée au centre de la feuille et déplacée légèrement dans une direction en rayonnant depuis le centre de la feuille jusqu'aux bords. Ceci a pour but d'éviter de gondoler et de déchirer le papier.

Tout autre mouvement provoquerait un désastre. Après le nettoyage, toutes les traces de débris provenant du papier nettoyé sont soigneusement enlevées, sinon elles endommageraient le papier. Seul un papier résistant peut être soumis à ce traitement; un papier fragile et cassant ne doit pas être nettoyé de cette manière.

Le procédé exposé ci-dessus est utile pour faire disparaître la poussière superficielle, les marques de crayon et les souillures; il ne peut pas être utilisé pour enlever les taches qui requièrent un lavage ou un traitement au solvant. Toutefois, avant de soumettre un document à un tel traitement, il est nécessaire d'enlever toutes les épingles, attaches et caoutchoucs qui peuvent s'y trouver. D'ailleurs ces objets doivent être retirés même si le document n'exige aucun traitement, car ils laissent leurs propres taches sur le papier. Par exemple, des caoutchoucs détériorés laissent une tâche brune et les attaches ou les épingles, une fois rouillées, deviennent difficiles à enlever et laissent des taches de rouille qui sont difficiles à faire disparaître et sont souvent la source d'altérations supplémentaires dans le document.

Lavage

Le lavage convient aux papiers anciens. On a constaté qu'il augmente la résistance mécanique du papier sec et fragile en rétablissant un certain nombre des liaisons hydrogènes rompues de la molécule de cellulose. Un simple lavage dans de l'eau claire, de préférence de l'eau distillée, permet d'enlever les matières foncées et solubles et une partie de l'acide libre du papier. En outre, ce lavage fait disparaître une partie des taches d'eau et permet de supprimer le gondolement et d'autres déformations. Cependant, l'eau a tendance à précipiter la poussière superficielle, qui doit être enlevée ou gommée à l'aide d'une des techniques décrites plus haut avant d'entreprendre le lavage. De même, certaines encres sont altérées par l'eau et elles nécessitent un traitement préalable.

La première mesure consiste donc à tester l'effet de l'eau sur l'encre du document. A cet effet, on dépose un peu d'eau sur l'écriture, dans un coin du document, et on la laisse pénétrer.

On place ensuite un papier buvard sur l'encre et on le presse. Si le papier est taché, il est évident que l'encre est soluble à l'eau: une telle encre doit être protégée par une solution d'acétate de cellulose dans l'acétone, puis on la laisse sécher avant de plonger la feuille dans l'eau. Les encres d'impression et les encres à base de sulfate de fer et de noix de galle ne sont pas altérées par l'eau et elles peuvent être facilement lavées sans courir le risque de les voir couler ou maculer le document. Cependant, d'autres encres réagissent de cette manière et elles doivent être protégées à l'aide d'une solution d'acétate de cellulose dans l'acétone ou d'une solution de nylon soluble à 5%.

Technique

Pour laver le papier, une cuvette émaillée semblable à celles utilisées dans les travaux photographiques et assez grande pour y loger la feuille convient très bien. On la remplit jusqu'à peu près la moitié de sa capacité avec de l'eau distillée. Avant immersion, chaque feuille est déposée sur un tamis en matière plastique ou, à défaut, sur une feuille de papier paraffiné. Le papier fragile ou en lambeaux est soutenu des deux côtés pour éviter tout dégât ou la perte des fragments. Les manipulations doivent s'effectuer avec le plus grand soin. La feuille est alors plongée dans l'eau en la faisant glisser de côté jusqu'à ce qu'elle soit uniformément mouillée. Dix feuilles peuvent être déposées dans la cuvette l'une après l'autre. On les secoue alors doucement plusieurs fois et on les laisse tremper pendant trente minutes à une heure; ensuite la cuvette est balancée doucement d'avant en arrière plusieurs fois. Les feuilles de papier sont alors retirées une à une au moyen du support et placées dans une cuvette vide où elles s'égouttent. Elles sont alors rincées à l'eau claire et séchées. Pour le séchage, la feuille est déposée avec précaution entre deux feuilles propres de papier buvard sur une plaque de verre et pressée pour enlever l'excès d'eau. Au besoin, les papiers buvard sont changés. On laisse le document sécher lentement dans un léger courant d'air. On le replace ensuite entre des feuilles de papier buvard propres et on le laisse sécher complètement en appliquant une légère pression. Il faut prendre soin de ne pas sécher la feuille en appliquant une pression excessive, car il en résulterait des caractéristiques inégales dans la feuille au cours du séchage. Pour achever l'opération, le papier

lavé est passé sur une calandre chauffée ou séché au fer à repasser; toutefois, la chaleur est appliquée au document par l'intermédiaire d'une feuille de papier buvard et non directement. Enfin l'enduit protecteur appliqué sur l'encre est enlevé en frottant avec un chiffon de coton trempé dans l'acétone. On répète l'opération sur les autres feuilles. Le processus devient continu si, après que la première série de feuilles a été retirée pour le rinçage, la seconde série est trempée dans la cuvette de lavage, et ainsi de suite. Il est préférable de changer l'eau de la cuvette après chaque lavage. On peut aussi laver les feuilles à l'eau courante. Pour enlever la colle de pâte et la colle forte, l'eau doit être tiède. Pour enlever l'acidité des papiers ayant un faible *p*H, il est conseillé d'avoir recours à la désacidification (voir chapitre 5).

Les feuilles lavées de cette manière sont relativement débarrassées de colle (de pâte ou animale) et d'autres substances solubles à l'eau qui compromettent son aspect ou causent sa détérioration prématurée.

En général, les papiers apprêtés à collage poussé sont plus faciles à laver car ils conservent une partie de leur résistance quand ils sont humides et il est facile d'enlever les souillures et la boue de la surface, tandis que les papiers épais au collage léger sont difficiles à laver, car ils deviennent peu résistants et fragiles lorsqu'ils s'humidifient et leurs taches sont tenaces. Moyennant certaines précautions, le travail peut être effectué correctement.

DOCUMENTS ENDOMMAGÉS AU COURS D'INONDATIONS

Les documents endommagés dans les inondations et tachés par de la boue sont lavés dans des éviers en acier inoxydable à température contrôlée par un thermostat et contenant un mélange d'eau et de Préventol [1] à 0,05%, qui a une action fongicide. La solution est maintenue à une température d'environ 40 °C. Les feuilles sont lavées sur des planchettes flottantes

1. Le Préventol est l'orthophénylphénol fabriqué par Byers. Le sel sodique de l'orthophénylphénol est fabriqué par les Imperial Chemical Industries sous le nom de Topane.

maintenues par des cornières en acier inoxydable. Ces cornières sont également utilisées pour maintenir les feuilles à l'alignement sous l'eau pendant le lavage.

On intercale entre les feuilles un papier résistant à l'eau. Ce papier est collé à la résine et il possède la propriété de conserver la plus grande partie de sa résistance à sec lorsqu'il est mouillé; il joue le rôle de support des feuilles. On commence alors le lavage page par page. Très souvent on utilise une brosse pour enlever les souillures, la boue, etc., adhérant au papier. Le brossage est effectué du centre vers les bords afin de ne pas déchirer ou rayer le papier. On ne doit exercer aucune pression et les traces de boue qui peuvent subsister après le premier brossage peuvent être enlevées en répétant l'opération doucement jusqu'à ce qu'elles disparaissent. Le même traitement est appliqué aux autres feuilles.

Lorsque le lavage est terminé, les feuilles sont placées dans un bain de Préventol (0,05%) pendant trente minutes environ, puis elles sont pressées pour enlever l'excès d'eau.

Un produit souvent recommandé pour le lavage et l'enlèvement des souillures du papier est le savon. Etant un composé chimique, son action est spécifique; pour cette raison le lavage avec un savon dont la composition et l'action chimiques sont inconnues ne doit pas être entrepris. Toutefois des détergents tels que le Lissapol N, etc., n'ont pas d'effet nocif sur le papier et peuvent être utilisés en toute sécurité. Le document ainsi traité doit être lavé à fond dans l'eau courante pour enlever toutes les traces du produit, qui pourrait plus tard provoquer la dégradation de la cellulose. Le Lissapol N (5%) a été utilisé à Florence pour nettoyer les documents endommagés par les inondations et les résultats ont été excellents.

Le lavage est effectué dans une solution tiède (30 °C) de Lissapol N (5%) dans des bacs spéciaux chauffés électriquement et à température contrôlée. On intercale entre les feuilles un papier collé à la résine résistant à l'eau et elles sont maintenues dans le bain pendant trente minutes environ. Les feuilles sont nettoyées avec précaution au moyen d'une brosse douce pour enlever les particules de boue. On les lave ensuite pendant trente minutes dans l'eau courante. On les étale ensuite sur des rayonnages constitués par des fils de plastique tendus sur des cadres de bois qui sont spécialement conçus pour s'adapter

sur des chariots. Ces chariots sont introduits dans des étuves; on fait arriver de l'air filtré chaud (environ 38 °C) au-dessus des tamis par l'intermédiaire de tubes perforés. L'air chaud humide s'échappe à la partie supérieure de l'étuve. Lorsque les feuilles sont sèches, elles sont enlevées, rassemblées, intercalées avec du papier paraffiné et mises sous presse.

PRÉCAUTIONS

Si l'on ne prend pas de précautions au moment du lavage les résultats sont très mauvais pour le document, et c'est pourquoi un certain nombre de mesures s'imposent.

1. L'encre du document doit être protégée si elle est soluble à l'eau. Les encres et les dessins de couleur doivent toujours être protégés.
2. Tous les documents qui doivent être lavés doivent être déposés sur un support lorsqu'ils sont humides pour éviter de déchirer la feuille et permettre une manipulation facile.
3. Le séchage et le pressage doivent être exécutés avec soin. Un séchage inégal du papier provoque de nombreuses déformations. Il en est de même pour le pressage. Si un papier humide est pressé fortement toutes les distorsions naturelles disparaissent, le résultat étant qu'il a l'aspect d'un mauvais fac-similé aplati. En outre des distorsions dans les dimensions se produisent: c'est notamment le cas pour les gravures, les dessins et les sceaux. Le séchage à l'aide de papier buvard en appliquant une pression suffisante pour obtenir la planéité du document et un séchage uniforme constitue la meilleure méthode. Le fait de changer les buvards, ce qui a pour conséquence de relâcher de façon périodique la pression sur la feuille, lui permet de se contracter plus ou moins naturellement au fur et à mesure qu'elle sèche.
4. On ne doit jamais laver le papier partiellement, sinon on provoque l'apparition de taches, de plis et de gondolements. Il faut laver la totalité de la feuille. Toutefois, les papiers couchés et les papiers glacés ne doivent jamais être lavés à l'eau qui dissout l'enduit superficiel et provoque des dégâts irréparables.

Récemment l'emploi d'enzymes a été préconisé pour laver le papier. Les enzymes sont des substances organiques complexes qui scindent des substances, telles que la colle forte et l'amidon et d'autres adhésifs en produits solubles dans l'eau. Or les enzymes ne sont efficaces que dans des conditions strictement définies de température, de pureté d'eau et de *p*H. Leur emploi est donc limité. En outre les recherches qui ont été consacrées à leur effet sur le papier lui-même sont assez limitées. Tant qu'on ne possédera pas à leur sujet d'informations plus complètes, il est prudent de ne pas les utiliser pour laver et nettoyer le papier.

ENLÈVEMENT DE TACHES A L'AIDE DE SOLVANTS ORGANIQUES

Le lavage suivi d'un collage suffit souvent à enlever les taches d'un papier et à donner de la résistance à un papier fragile. Pour enlever d'autres types de taches sur un papier, il faut souvent recourir à un traitement avec un certain nombre de solvants organiques dont l'innocuité est totale. Lorsqu'on utilise ces solvants, il n'est pas nécessaire de traiter le document entier, car contrairement à l'eau ils ne provoquent pas de dilatation appréciable du papier. Il est préférable de traiter les parties à nettoyer avec un tampon de coton non effiloché trempé dans le solvant approprié.

Toutefois les divers solvants utilisés pour enlever les taches altèrent les encres d'impression et les encres de couleur qui s'étalent et provoquent d'autres taches tout à fait inattendues sur le papier. Il est donc préférable de tester la solidité de l'encre au solvant choisi pour le travail. On opère de la même manière que pour tester la solidité de l'encre au lavage; on remplace l'eau par un tampon de coton trempé dans le solvant qu'on frotte légèrement sur un coin du texte écrit. On applique ensuite un papier buvard. Si le papier est taché, l'encre est soluble dans ce solvant. Les encres noires pour rubans de machine à écrire ou pour papier carbone coulent ou s'étalent au contact de ces solvants; par conséquent, le nettoyage de tels documents ne doit pas être opéré sans protéger le texte écrit. Un traitement pour protéger l'encre est le collage à l'amidon. De toute façon, ce genre de document doit être traité avec précaution.

Le choix d'un solvant approprié pour enlever les taches est très important pour assurer la réussite de l'opération. Les taches d'huile, de peinture et de ruban adhésif sont enlevées à l'aide de benzène ou de tétrachlorure de carbone, ou d'un mélange de ces solvants. Les taches de vernis peuvent être enlevées à l'acétone et celles de ruban Scotch et de cire à l'aide d'un mélange de benzène et de toluène; les taches de gomme-laque et de moisissure au moyen d'alcool. Chacun de ces solvants a des caractéristiques particulières qui permettent de les utiliser à des fins spécifiques.

Les utilisations des solvants employés pour enlever les différentes taches et les adhésifs servant à renforcer les documents sont indiquées ci-dessous et peuvent servir de guide pour choisir le solvant approprié.

Tache	Solvant
1. Peinture	Mélange d'alcool et de benzène. Pyridine suivie d'un lavage à grande eau. Térébenthine.
2. Laque et vernis	Acétone. Alcool méthylique. Pyridine. Ammoniaque dilué dans l'eau pour les taches anciennes de vernis à l'alcool.
3. Gomme-laque	Hexane. Toluène. Mélange de benzène et de toluène.
4. Huile	Hexane. Toluène. Tétrachlorure de carbone. Benzène.
5. Matières grasses	Alcool. Éther de pétrole. Pyridine.
6. Cire	Essence. Hexane. Toluène.
7. Graisses	Hexane. Toluène. Essence (blanche). Naphte.
8. Résines	Alcool. Pyridine.
9. Ruban adhésif	Tétrachlorure de carbone. Benzène.
10. Ruban Scotch	Mélange d'hexane et de toluène ou de benzène et de toluène.
11. Ciment Duco	Acétone.
12. Ciment caoutchouc	Mélange de benzène et de toluène.
13. Colle forte	Eau chaude.
14. Colle de pâte	Eau.
15. Goudron	Benzène. Essence. Pyridine. Tétrachlorure de carbone.
16. Moisissures (légères)	Alcool éthylique. Benzène.
17. Thé ou café	Perborate de potassium.
18. Rouille	Acide oxalique à 5% (déconseillé pour les papiers peu résistants).
19. Boue	Eau ou ammoniaque.

Les solvants les plus efficaces sont l'hexane, le toluène, l'acétone et la pyridine. L'hexane et le toluène sont efficaces pour enlever les taches de graisse, d'huile et de cire. Un mélange de ces deux solvants permet également d'enlever les rubans adhésifs détériorés. L'acétone permet d'enlever de nombreux types de laque, de matière plastique et de vernis à l'alcool alors que la pyridine est efficace pour les taches de graisse, d'huile et de résine, mais elle est très énergique et doit être utilisée avec précaution.

L'emploi de ces solvants ou de leurs mélanges exige, outre la connaissance de leurs propriétés, une certaine expérience pratique et ils doivent être appliqués avec modération. Il faut éviter soigneusement d'endommager le document en le manipulant brutalement.

Technique

Pour enlever la tache, le côté taché du papier est placé en dessous, appliqué sur un buvard blanc. La partie à traiter est nettoyée par derrière à l'aide d'un coton imbibé du solvant approprié et elle est ensuite épongée. Sous l'action du solvant la tache se ramollit et passe dans le papier buvard; on change celui-ci et l'on éponge à nouveau. L'opération est répétée jusqu'à ce qu'il n'y ait plus aucun résidu important sur le buvard. On retourne alors le papier et l'on applique le même traitement que sur le côté taché. Une telle méthode évite l'étalement de la tache, qui produirait une nouvelle tache et exigerait un autre nettoyage. On laisse ensuite sécher le document traité. Il ne nécessite ni repassage ni aplanissement.

Une technique légèrement différente peut être utilisée pour enlever des taches anciennes de cire produites par les sceaux. On mouille d'abord la cire avec de l'eau en la pressant entre des buvards humides, puis on la gratte soigneusement avec un couteau pointu et l'on termine en pressant le papier entre des papiers buvards propres et blancs avec un fer à repasser.

On sait que les rubans adhésifs (appelés aussi rubans Scotch) ont été parfois utilisés pour réparer des documents déchirés par des personnes mal informées. Ces rubans sont difficiles à enlever sans endommager le document. Toutefois le traitement suivant est suggéré. Si l'encre est solide à l'eau, le document est d'abord plongé dans de l'eau; si le ruban adhésif se ride, il peut être enlevé à l'aide de brucelles, et les résidus d'adhésif

peuvent alors être enlevés en les épongeant avec du benzène ou du trichloréthylène. S'il est impossible de plonger le document dans l'eau, ou si ce traitement est inopérant, les bords du ruban adhésif et l'autre face du papier doivent être traités avec du benzène ou du trichloréthylène. Lorsque le produit a bien pénétré dans le papier, il est possible d'enlever le ruban, mais non la tache qu'il laisse. Dans certains cas, on peut diminuer l'importance de celle-ci en épongeant une dernière fois les résidus d'adhésif à l'aide des solvants mentionnés ci-dessus; dans d'autres cas, on ne peut arriver à faire disparaître complètement la tache.

Il existe d'autres taches qui ne disparaissent pas, même en les traitant avec les meilleurs solvants possibles. Si le document a le format tellière, ces taches peuvent être enlevées au moyen d'un traitement par un solvant dans un soxhlet. Dans cet appareil le papier est lessivé d'une manière répétée avec du solvant chaud continuellement distillé; même les résidus de taches disparaissent. Dans ce procédé, il n'y a aucune action mécanique; le traitement est entièrement chimique et il doit s'effectuer dans une salle bien ventilée.

Tous les solvants organiques (voir tableau ci-dessus) utilisés pour détacher sont inflammables et plutôt toxiques. Ils doivent être manipulés avec précaution et utilisés loin d'une flamme nue, dans une salle bien ventilée ou sous une hotte aspirante.

AUTRES TACHES

On trouve souvent sur les anciens documents deux types de taches: les rousseurs *(foxing)*, et celles dues à l'encre. Les premières sont provoquées par des moisissures; elles ont l'aspect de taches brunes; on les trouve sur des documents et des gravures qui ont été conservés dans des salles humides pendant longtemps. La zone tachée est plus acide que la partie qui ne l'est pas. Cette tache est difficile à enlever au moyen de solvants. De même que l'encre et d'autres taches, elle peut être enlevée au moyen d'un blanchiment.

Blanchiment

Le blanchiment est un traitement assez brutal. Il tend à affaiblir le papier et à faire pâlir l'encre, mais les encres au carbone ne

sont pas altérées. Avant de traiter ainsi un document, il est donc souhaitable d'étudier l'effet de l'agent de blanchiment sur un certain nombre de feuilles de nature semblable, mais n'ayant aucune valeur. Pour les documents d'archives, le blanchiment n'est recommandé que si le papier est en bon état et si la tache est extrêmement nuisible. Dans le cas contraire, il est préférable de s'abstenir.

Il existe un certain nombre de procédés de blanchiment qui font disparaître les taches, mais qui malheureusement affaiblissent le papier. Ce traitement n'est donc pas recommandé pour un document d'archives dont le papier est cassant, mince ou peu résistant pour toute autre raison, ou si le papier est de mauvaise qualité. Il n'est recommandé que dans les cas où il sera salutaire pour le document.

Eau oxygénée. En solution dans l'éther, l'eau oxygénée est un agent de blanchiment doux. On doit d'abord l'essayer sur la tache. La solution est préparée en mélangeant de l'éther et de l'eau oxygénée à 20 volumes en proportions égales dans un flacon bouché à l'émeri. On agite le flacon et une certaine partie de l'eau oxygénée, qui normalement n'est pas miscible avec lui, se mélange à l'éther. On laisse reposer le mélange qui se sépare en deux couches, la couche d'éther se trouvant au-dessus de la couche d'eau oxygénée. Cette solution contient suffisamment d'eau oxygénée pour le blanchiment. On l'applique sur la tache au moyen d'un tampon de coton.

Chloramine T. C'est une poudre blanche qui se désintègre au contact de l'air. Elle est utilisée en solution aqueuse, en général à 2%. On prépare la solution en faisant dissoudre 113,5 grammes de poudre dans 5,6 litres d'eau. On applique cette solution à la surface du papier à blanchir au moyen d'un pinceau plat à soies fines. On place la feuille entre des papiers buvards recouverts d'une planche, et l'on presse. Au bout d'une heure la feuille est retirée. Si la tache n'a pas disparu, la processus est répété jusqu'à ce que l'aspect soit satisfaisant.

La chloramine T est efficace pour enlever les rousseurs. Son emploi a été proposé par le Dr H. J. Plenderleith. C'est un agent de blanchiment très doux qui ne laisse aucun résidu nocif sur le papier. Néanmoins, il est plus prudent de laver la feuille ainsi

traitée à l'eau courante pendant au moins quinze minutes, car on a constaté que les résidus de blanchiment séchés restent actifs et décolorent les feuilles de papier adjacentes. Les documents colorés sont spécialement altérés si les résidus de blanchiment restent sur le papier.

Un autre produit chimique, l'Halazone, est semblable à la Chloramine T. Il est disponible sous forme de comprimés. Une solution de 5 comprimés dans 100 cm^3 d'eau est aussi efficace que la Chloramine T.

Hypochlorites. Le blanchiment au moyen d'hypochlorites a été pratiqué dès le XIX^e siècle. L'agent de blanchiment ordinaire qui était utilisé à cette époque était la poudre à blanchir, c'est-à-dire l'hypochlorite de calcium. Ce produit est maintenant remplacé par l'hypochlorite de sodium appelé aussi « soude chlorée » ou « eau de javel », parce qu'il est d'un emploi plus facile.

Le blanchiment à l'hypochlorite de sodium se déroule en trois étapes. Le premier bain se compose d'un mélange d'hypochlorite de sodium à 5% et d'acide chlorhydrique concentré dans le rapport de 5,5% à 0,5%. Le deuxième bain est une solution de 0,5 ml d'acide chlorhydrique dans 2 700 ml d'eau et le troisième une solution de 2 ml d'ammoniaque concentré dans 9 litres d'eau. La feuille de papier à blanchir est placée successivement dans les trois bains, la durée de chaque immersion étant fonction de l'importance et de la nature de la tache. A titre indicatif, la feuille reste dans le premier bain pendant 5 minutes, puis elle est transférée dans le second bain où elle reste également 5 minutes. Enfin elle est déposée dans le troisième bain où elle reste environ 10 minutes. La feuille est alors lavée à fond dans l'eau courante pendant 20 minutes.

Une autre technique utilise un blanchiment plus énergique. On prépare une solution d'hypochlorite de sodium à 10%; on ne place dans la cuvette que 5% de cette solution dans laquelle le document à traiter est plongé. Si le papier se ramollit, il est déposé dans un bain contenant une solution de 5 ml d'acide chlorhydrique concentré dans 1 150 ml d'eau. Le document est ensuite plongé dans un bain contenant une solution à 2% de thiosulfate de sodium, agent antichlore qui neutralise l'action du chlore résiduel. La feuille est enfin lavée à l'eau courante pour faire disparaître toutes les traces de produits chimiques.

Chlorite de sodium et bioxyde de chlore. Le blanchiment au moyen de ces deux agents est moins simple qu'avec la Chloramine T. Cette méthode, mise au point par Gettens, est basée sur l'action du bioxyde de chlore, gaz obtenu à partir du chlorite de sodium. Il existe trois variantes de ce procédé. Elles sont décrites toutes les trois ci-dessous.

Première méthode. On prépare une solution à 2% en faisant dissoudre 113 grammes de chlorite de sodium dans 5600 ml d'eau. On la mélange à 100 ml d'aldéhyde formique à 40%. C'est cette solution qu'on utilise pour le blanchiment. On y plonge la feuille et on la laisse pendant une durée de 15 minutes à 1 heure, selon l'intensité de la tache. On la retire à l'aide de son support et on la lave dans l'eau courante pendant 15 minutes pour faire disparaître toutes les traces des produits de blanchiment. Le degré de blancheur est moins élevé qu'avec les autres produits. Après traitement, la feuille est séchée entre des papiers buvards soumis à une légère pression. On change les buvards le cas échéant. Pendant l'opération, le bioxyde de chlore se dégage par l'action du chlorite de sodium sur l'aldéhyde formique. C'est un gaz irritant, c'est pourquoi il est préférable de procéder à l'opération dans une sorbonne munie d'une fenêtre vitrée pour pouvoir surveiller le processus, et d'un extracteur d'air pour aspirer le gaz. Cette méthode convient pour blanchir les papiers résistants.

Deuxième méthode. On opère le blanchiment au moyen d'une solution aqueuse de bioxyde de chlore. Le gaz est obtenu en faisant agir du chlorite de sodium et de l'acide sulfurique dans un générateur à gaz, ou on l'achète en bouteilles. On fait barboter le bioxyde de chlore dans l'eau. Ce gaz étant soluble, il forme une solution. Le document à traiter est soutenu par un treillis en fibre de verre ou en plastique, et il est plongé dans la solution pendant 15 minutes environ. On le retire et on le lave à fond à l'eau courante. Cette méthode convient pour le blanchiment des estampes et des dessins pour lesquels le minimum d'immersion dans l'eau est souhaitable. Comme la première, elle doit s'effectuer dans une sorbonne.

Troisième méthode. Cette méthode a été mise au point pour les estampes qui ne peuvent être immergées: on obtient un dégagement de chlore gazeux comme il est indiqué plus haut, mais au lieu de la faire barboter dans l'eau, on l'amène en contact direct avec la surface du document dans une armoire étanche. Le docu-

ment à traiter est humidifié avec une éponge et placé dans l'armoire qui, comme la sorbonne, est munie d'une vitre pour pouvoir surveiller l'opération. Cette méthode est conseillée uniquement si les deux autres méthodes décrites ci-dessus ne peuvent être appliquées. Au cours de l'opération les produits de l'interaction du gaz avec la tache restent à la surface et ils doivent être épongés, sinon la tache retrouve sa couleur initiale.

Permanganate de potassium. On utilise deux bains, un bain de permanganate de potassium pour oxyder la tache et un autre pour réduire le produit d'oxydation qui se transforme en substances incolores ou solubles. Ces substances sont éliminées avec l'eau jusqu'à ce que le document soit débarrassé de tout produit résiduel.

La méthode est simple. La feuille à blanchir est plongée pendant 5 minutes environ dans une solution aqueuse de permanganate de potassium. Le titre de la solution dépend de l'intensité de la tache et varie de 0,5 à 5%. L'addition d'une faible quantité d'acide orthophosphorique renforce l'action du permanganate. On a constaté qu'une faible concentration d'acide phosphorique ne nuit pas au papier.

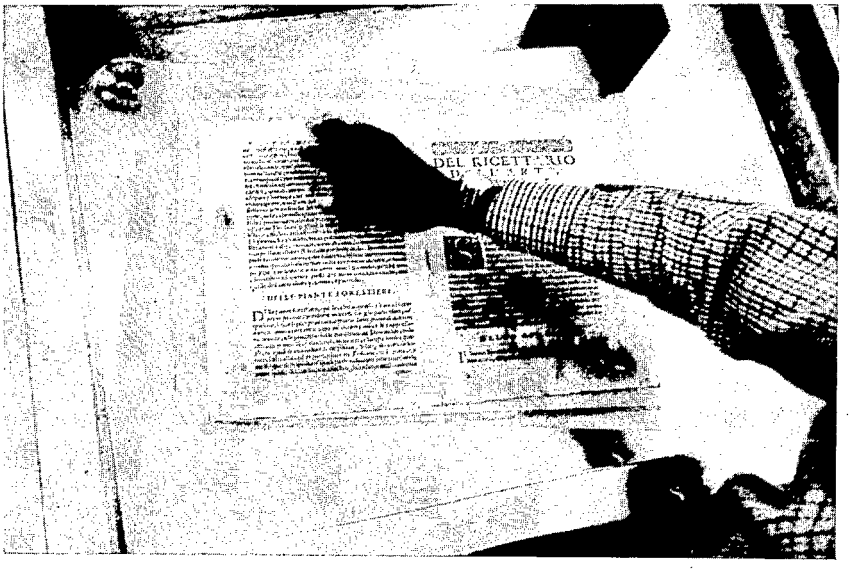
Au bout de 5 minutes environ, on retire la feuille du bain de permanganate et on la place dans le second bain pour faire disparaître par réduction la coloration brune. Plusieurs solutions pour le second bain ont été recommandées et utilisées: solutions d'acide sulfurique, de bisulfite de potassium, d'acide oxalique, de sulfite de sodium, d'hydrosulfite de sodium et d'acide citrique. On a remarqué que tous ces produits diminuaient la résistance physique du papier. L'acide oxalique est le plus énergique. En conséquence, il ne doit être utilisé en aucun cas pour traiter le papier.

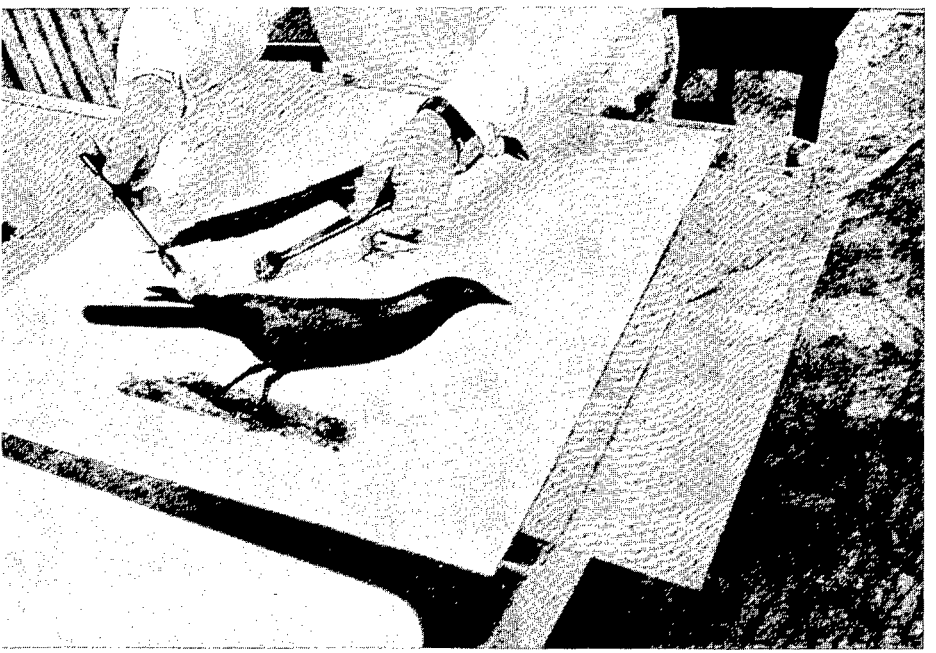
On a constaté qu'une solution aqueuse d'hydrosulfite à 5% réduit efficacement la coloration brune et n'endommage pas le papier. Après la réduction, qui demande environ 5 minutes, la feuille est lavée à l'eau courante pendant 5 minutes et plongée à nouveau dans une solution aqueuse diluée d'ammoniaque et elle est enfin lavée à l'eau courante pendant 15 minutes. On a observé que cette méthode est tout à fait sûre pour blanchir les œuvres d'art et les documents dont le support est du papier.

Une variante du procédé de blanchiment au permanganate de potassium a été décrite par Minogue. On prépare une solution

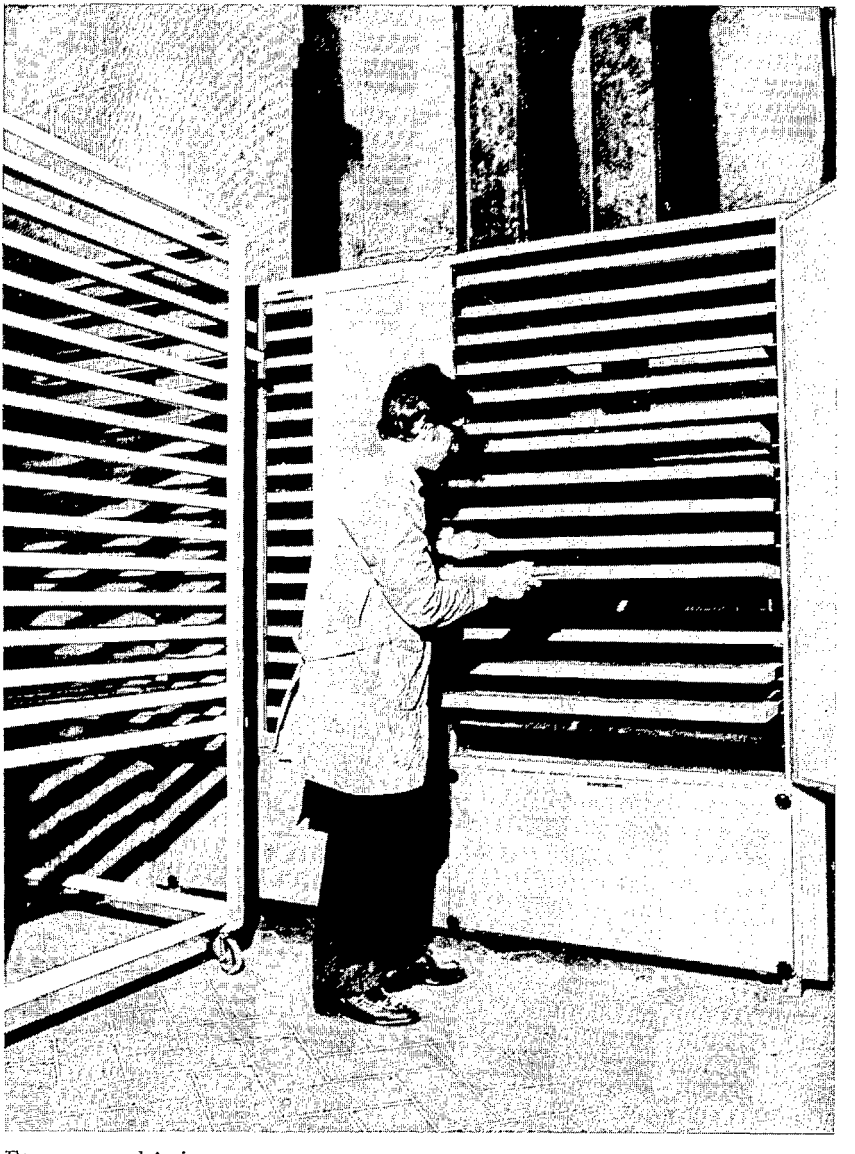
Lavage d'un document placé sur un support flottant.
Bac à température contrôlée par thermostat.
Photo Bibliothèque nationale, Florence.

Lavage dans une cuvette contenant de l'eau.
Feuilles intercalaires de papier collé à la résine.
Photo Bibliothèque nationale, Florence.

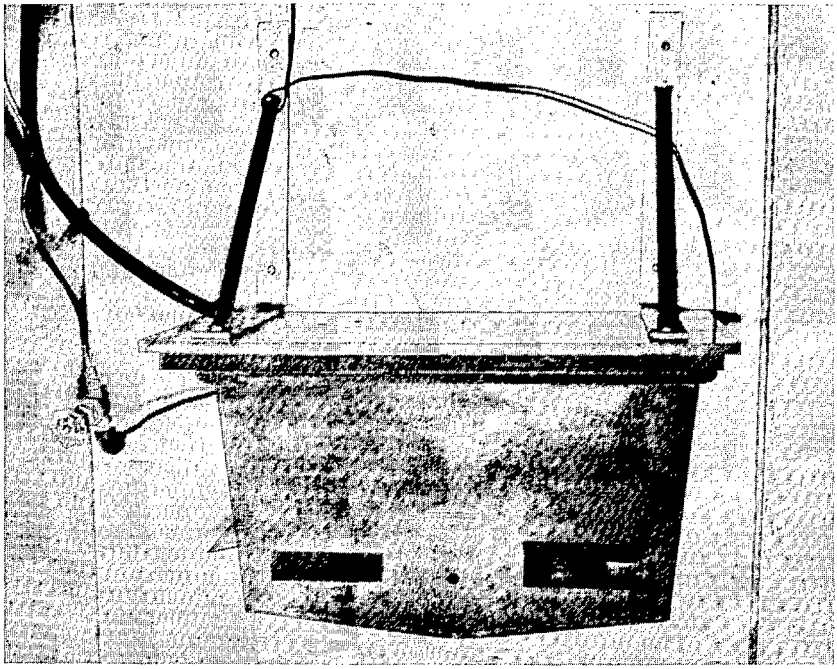




Blanchiment à l'hypochlorite.
Photo Bibliothèque nationale, Florence.

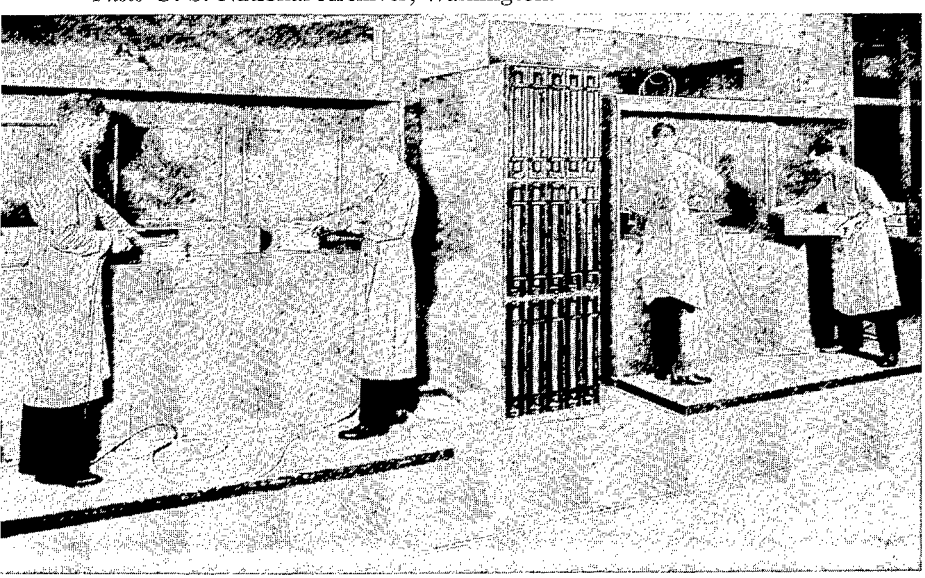


Etuve avec châssis.
A gauche, chariot sur lequel sont disposés les châssis à la sortie de l'étuve.
Photo Archives d'État, Florence.



Nébulisateur pour humidifier les documents pliés.
Photo U. S. National Archives, Washington.

Installation de nettoyage de documents à l'air comprimé.
Photo U. S. National Archives, Washington.



de permanganate de potassium contenant 1 partie de permanganate pour 16 parties d'eau. Le papier à blanchir est d'abord baigné dans de l'eau, puis dans le bain de permanganate pendant 30 secondes. On le retire et on le lave à l'eau courante pendant 10 minutes. Sous l'action du permanganate, le papier prend une coloration brune uniforme. On le place ensuite dans une solution de métabisulfite de sodium (1 partie pour 16 parties d'eau), et le papier blanchit. On répète l'opération si la coloration subsiste. On lave à nouveau le papier à l'eau courante pendant au moins 15 minutes. On donne au papier la couleur crème désirée en le saupoudrant d'un mélange d'ocre jaune finement pulvérisé et de carbonate de calcium précipité.

Toutefois, le blanchiment affaiblit considérablement le papier. Pour prévenir sa détérioration ultérieure, il est restauré au moyen de l'un des procédés décrits au chapitre 6 (« Restauration »).

TACHES D'ENCRE

Les papiers maculés par des taches d'encre doivent faire l'objet d'un sort spécial, car tout traitement qui fait disparaître la tache non seulement affaiblit le papier, mais aussi altère le texte écrit.

Les taches d'encre à base de sels de fer et de noix de galle sont blanchies avec une solution d'acide oxalique à 3% et les taches d'encres solubles au moyen d'hypochlorite de sodium. Les feuilles à traiter doivent être lavées à fond pour faire disparaître tous les produits chimiques résiduels, sinon le papier est altéré. Les encres au carbone et les encres de Chine ne sont pas altérées.

Les divers procédés de blanchiment décrits ci-dessus peuvent être utilisés pour le blanchiment des taches dans l'ordre suivant:

La Chloramine T est le moins énergique des agents de blanchiment et elle est facile à employer. On doit l'essayer en premier.

Si la Chloramine T ne donne aucun résultat, on utilise l'une des méthodes au chlorite de sodium et au bioxyde de chlore. L'emploi d'une sorbonne est absolument nécessaire pour protéger les personnes effectuant ce travail.

Si l'on ne dispose pas d'une sorbonne, le blanchiment peut être effectué avec le procédé au permanganate de potassium et à l'hydrosulfite de sodium.

Le procédé à l'acide chlorhydrique doit autant que possible être évité, car il dégrade la cellulose. Il donne de bons résultats avec les papiers résistants et dans des mains expertes. En dépit des objections théoriques tirées de la dégradation de la cellulose, les gravures ne subissent aucun dommage, et aucune altération n'a été observée. Ce procédé a été largement utilisé sur des papiers endommagés par les inondations de Florence en 1966, et les résultats ont été excellents. Des solutions à 10% ou davantage ont été utilisées sur du papier et des gravures de bonne qualité sans dommage apparent. La plupart des livres et des documents traités sont évidemment en papier résistant de bonne qualité. Le procédé adopté à Florence est le suivant: on intercale entre les pages du document du papier résistant à l'eau, analogue à celui utilisé pour le lavage. Les feuilles sont d'abord placées dans un bain d'eau tiède pour détendre les fibres. On les plonge ensuite une à une dans le bain de blanchiment où on les laisse pendant une durée variant de 30 secondes à 5 minutes, jusqu'à ce que la tache disparaisse. Le titre de la solution varie généralement de 3 à 10%, la concentration d'hypochlorite de sodium étant fonction de l'intensité de la tache.

Après le blanchiment, les feuilles sont passées dans une solution d'antichlore (thiosulfate de sodium) pendant 30 minutes environ. On les place ensuite dans des éviers de rinçage où elles sont lavées pendant au moins 4 heures à l'eau courante froide.

Pendant et après le blanchiment, quelques précautions sont nécessaires:

1. Le document traité doit être lavé soigneusement à l'eau courante pour faire disparaître les produits résultants du blanchiment et les produits chimiques résiduels.
2. Le document doit être placé sur un support, plaque de verre ou tamis en plastique, avant l'immersion dans la solution de blanchiment ou durant le lavage. On peut également utiliser des papiers résistant à l'humidité.
3. Le blanchiment doit s'opérer dans une salle bien ventilée et munie d'extracteurs d'air. Si l'on utilise des gaz irritants tels que le chlore, le travail doit s'effectuer dans une sorbonne.
4. La partie du document qui n'est pas traitée doit être recouverte d'une solution d'acétate de cellulose dans l'acétone ou en fixant une pellicule d'acétate de cellulose au moyen d'acétone. Ces produits s'enlèvent facilement lorsque le blanchiment est terminé.

5. Lorsqu'il s'agit de gravures de couleur, qui sont traitées autrement que les gravures en noir et blanc, il est souhaitable de connaître les caractéristiques de l'encre et des couleurs.
6. Enfin, compte tenu de l'importance incontestable des documents d'archives et de la nature du traitement, l'exécution ou la responsabilité de ce travail doit être confiée uniquement à des personnes ayant reçu une formation scientifique.

Aplanissement

L'aplanissement est un moyen permettant de faire disparaître les plis, les gondolements et les ondulations d'un document, et il précède la restauration elle-même. Les documents qui ont été pliés ont tendance à se déchirer en cas d'utilisation intensive sans aplanissement préalable. Chaque fois qu'un document est ouvert et replié, il s'affaiblit à l'endroit du pli et finit par se déchirer. Le seul remède est alors la restauration, qui est un procédé coûteux.

La plupart des documents pliés, s'ils sont aplanis correctement, n'exigent pas de réparation importante, mais ils peuvent être classés, utilisés et conservés en toute sécurité pendant des années. Le procédé d'aplanissement est simple.

Le papier est déplié soigneusement et étendu aussi doucement que possible sur un treillis de plastique fixé sur un cadre de bois. De 15 à 20 cadres de ce genre peuvent tenir dans un chariot, chaque cadre pouvant contenir 4 feuillets de format écolier. Le chariot est ensuite placé dans une salle d'humidification de 2,4 sur 3 mètres et munie d'un nébulisateur, dispositif qui projette de la vapeur d'eau dans la pièce, ou de tout autre humidificateur mécanique. Dans cette salle, on maintient une humidité relative de 90 à 95%. Les feuillets déployés absorbent uniformément l'humidité dont est chargé l'air de la pièce. Lorsqu'ils sont entièrement humides on les retire. Chaque feuillet est alors placé entre des buvards et repassé pour aplanir le document et faire disparaître tous les plis, gondolements et ondulations. Il faut s'assurer que le feuillet est protégé du contact direct avec le fer. Ce travail peut être effectué avec un fer électrique ménager ordinaire. Il faut absolument éviter de mouiller le papier à l'endroit des plis, car, en séchant, l'eau tache le document; il est donc néces-

saire d'humidifier la totalité du feuillet, et d'une façon uniforme.

Si l'on ne dispose pas d'appareil humidificateur, chaque feuillet doit être placé sur un tamis en plastique et plongé dans de l'eau, comme pour le lavage, puis aplani. Évidemment, cette méthode prend du temps.

La plupart des documents qui ont été lavés ou blanchis ou aplanis n'ont besoin d'aucun autre traitement, sauf d'un réencollage qui donne au document la résistance nécessaire pour qu'il puisse être manipulé. Le réencollage constitue la dernière étape du processus de restauration et il est effectué dans les cas où le document ne nécessite aucun autre traitement pour permettre sa manipulation, ou après que le document a été réparé et renforcé par le procédé manuel de réparation à la colle de pâte (voir chapitre 6: « Restauration »).

5 Désacidification

Une des causes principales de détérioration des papiers est l'acidité, qui est due à la fois aux matériaux utilisés dans la fabrication et à la pollution atmosphérique. Cette détérioration résulte de l'action hydrolytique sur la cellulose, principal constituant du papier, et on la mesure en concentration d'ions hydrogène dans un extrait aqueux du papier. Plus la valeur du *p*H est basse, plus la détérioration du papier est importante. Ce phénomène se traduit par une réduction de la résistance mesurée par l'essai de résistance au déchirage et par une perte de souplesse mesurée par l'essai de résistance au pliage. On sait que la désacidification de tels papiers diminue la vitesse de dégradation.

Au début des années quarante, Barrow découvrit que l'acidité contenue dans le papier avait un effet plus nocif sur la détérioration de celui-ci que la pollution atmosphérique et il préconisa la désacidification des documents. En 1969, le problème a été repris par Smith. En outre, grâce aux travaux d'un certain nombre de chercheurs du monde entier, nous connaissons maintenant le mécanisme de détérioration due à l'acidité ainsi que les procédés de désacidification du papier.

Smith a observé que la valeur de *p*H requise pour un papier stable et permanent s'est modifiée avec le temps. Au début du XX^e^ siècle, le papier édition permanent devait avoir un *p*H de 4,0 (extrait aqueux chaud). En 1928, le *p*H devait de préférence être supérieur à 4,7. En 1935, on s'est rendu compte qu'un *p*H trop faible provoquait une détérioration précoce du papier et la valeur a été portée à un minimum de *p*H = 5,0 pour le papier édition de bonne qualité.

En 1937, Grant fixa la valeur à *p*H = 6,0. Il fit remarquer que pour un papier permanent la valeur du *p*H d'un extrait aqueux chaud ne devait pas être inférieure à 6,0. En 1959, Lewis déclara, après avoir procédé à des essais, que des papiers en bon état avaient des *p*H de 6,3 et 6,5. Par la suite, Barrow a indiqué que les papiers les plus stables ont un *p*H de 7,0 (extrait froid), alors que les papiers les moins stables ont un *p*H de 5,0 et qu'un *p*H d'environ 7,0 est souhaitable pour assurer la conservation maximale. De son côté, Smith a suggéré que la valeur du *p*H la plus souhaitable est de 7,0, c'est-à-dire la neutralité. Après avoir analysé des papiers du XIV^e^ au XIX^e^ siècle, Kathpalia a montré que les papiers dont le *p*H est supérieur à 6,7 sont en excellent état, tandis que ceux dont le *p*H est de 6,2 et au-dessus, mais inférieur à 6,7, sont en bon état (voir p. 23) et que tous ces papiers sont indemnes de toutes attaques par des champignons.

On sait qu'un *p*H de 4,0 correspond à un degré d'acidité beaucoup trop élevé du papier qui, dans cette condition, devient rapidement fragile, mais, que pour résister à la croissance des champignons, un papier doit être légèrement acide. En 1959, Barrow a mis au point une qualité de papier à partir de pâte chimique de bois, dont le *p*H est de 9,0 et qui, d'après le résultat des essais, devrait durer environ 300 ans. Il semble donc qu'un *p*H de 7,0 soit le plus approprié pour assurer la permanence des papiers et que cette valeur devrait être incorporée dans les normes relatives au papier.

A la suite des études mentionnées ci-dessus, un certain nombre de procédés ont été mis au point pour neutraliser efficacement l'action nocive de l'acidité libre dans le papier. Ces divers procédés peuvent être classés en deux catégories: procédés en milieu aqueux et procédés en milieu sec.

Méthodes de désacidification en milieux aqueux

Ces procédés reposent sur une invention réalisée à l'Ontario Research Foundation de Toronto par Otto Schierholtz, qui l'a fait breveter en 1936. Cette technique consiste à traiter le papier, par immersion ou par pulvérisation, avec une solution aqueuse

de bicarbonate ou d'hydrate de baryum, de calcium ou de strontium. La durée d'immersion varie de 5 secondes à 2 minutes; on fait ensuite sécher le papier et les carbonates de ces deux métaux se déposent à la surface.

Pour augmenter le pouvoir neutralisant de ces composés, Schierholtz recommandait un traitement au gaz carbonique pour convertir les hydrates en carbonates et permettre à cette suspension de carbonates de se déposer sur les feuilles traitées. Il signala qu'on pouvait préparer une solution de bicarbonate plus concentrée en utilisant du gaz carbonique sous pression; il précisa que le *p*H d'un extrait aqueux du papier traité par ce procédé devait être supérieur à 6,5 et qu'un dépôt maximal de 2% en poids pourrait être nécessaire pour stabiliser les papiers à base de pâte de bois tels que le papier journal. Il affirma que son invention rendrait les papiers collés à l'alun et à la colophane plus durables avec le temps.

Quelques-unes des premières méthodes mises au point depuis cette époque et en usage dans le monde entier utilisent le procédé Schierholtz. Celles qui ont donné de bons résultats et méritent d'être mentionnées sont analysées ci-dessous.

EMPLOI DE DEUX SOLUTIONS

Hydrate de calcium et bicarbonate de calcium

Dans ce procédé le document est traité pendant 20 minutes dans chacune des deux solutions. La première solution, à 0,15%, d'hydrate de calcium, neutralise l'acide présent dans le papier alors que la seconde, bicarbonate de calcium à 0,15%, transforme l'excès d'hydrate de calcium en carbonate de calcium, qui se dépose sur le papier sous forme d'un fin précipité. Ce précipité agit comme un tampon contre l'attaque des acides et protège le document contre toute détérioration ultérieure.

Préparation des solutions

Solution d'hydrate de calcium (première solution). On met dans un récipient émaillé ou dans une bouteille de verre 454 grammes d'oxyde de calcium (haute pureté). On ajoute 2 280 ml d'eau. L'eau réagit avec l'oxyde de calcium et pendant la réaction

une chaleur considérable se dégage. Au bout de 10 minutes environ, on agite la solution et on la verse dans une bonbonne de 23 litres. On achève de remplir avec de l'eau, on agite avec une spatule de bois ou de verre et on laisse reposer. Lorsque la solution est limpide, on siphonne et on jette le liquide. On remplit à nouveau d'eau la bonbonne, on agite et on laisse reposer. Cette solution contient environ 0,15% d'hydrate de calcium. On la siphonne et on l'utilise pour le traitement. On peut remplir à nouveau la bonbonne, agiter la solution et utiliser plusieurs fois la solution limpide. Ces solutions successives peuvent être utilisées en toute sécurité pour la désacidification et l'efficacité du procédé n'est en rien diminuée.

Solution de bicarbonate de calcium (deuxième solution). Dans une bonbonne de 23 litres, on met 454 grammes de carbonate de calcium que l'on mélange avec de l'eau. On achève de remplir la bonbonne et on fait barboter dans cette solution du gaz carbonique pendant 15 à 20 minutes. On obtient ainsi une solution de bicarbonate de calcium titrant à peu près 0,15%. Cette solution laiteuse, contrairement à la première, doit être renouvelée quand elle est épuisée.

Technique

On dispose 3 éviers émaillés comme il est indiqué figure 4. On remplit l'évier 1 à la moitié de sa capacité avec de l'hydrate de calcium (première solution). On remplit de la même manière l'évier 3 avec du bicarbonate de calcium (deuxième solution) on ne met rien dans l'évier 2. On place alors dans l'évier 1 des liasses d'environ dix documents, mais un à la fois, en les disposant sur un support et en les intercalant avec une toile métallique en laiton ou un treillis en plastique. On laisse les feuilles dans le bain pendant 20 minutes. On les retire ensuite au moyen du support et on les place dans l'évier 2 pendant 2 minutes environ pour permettre à la solution d'hydrate de calcium de s'égoutter. On les place ensuite dans l'évier 3 où ils demeurent pendant 20 minutes. Par suite de l'action réciproque des deux solutions, le bicarbonate de calcium se dépose à la surface des documents.

Au bout de 20 minutes on retire la liasse de documents de l'évier 3 et on la place dans l'évier 2 pour permettre à la solution

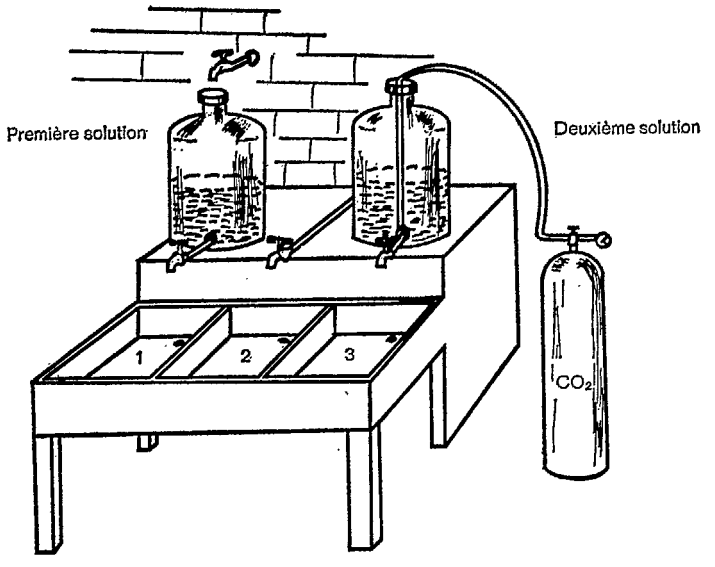


FIG. 4. Désacidification selon le procédé Barrow.

de bicarbonate de s'égoutter. Pendant ce temps une autre série de documents est placée dans l'évier 1 et le processus se répète.

Les documents sont ensuite disposés avec leurs supports sur des râteliers de séchage (figure 5). Une fois secs, ils sont retirés et placés entre des feuilles de papier buvard sur lesquelles on exerce une certaine pression. Les feuilles très endommagées ou en lambeaux sont déposées très soigneusement sur le buvard et pressées très légèrement.

On a constaté que l'hydrate et le bicarbonate de calcium sont efficaces pour neutraliser l'acidité du papier et pour le stabiliser, comme l'ont montré des essais de vieillissement artificiel. Il semble que la faible quantité de bicarbonate de calcium qui se dépose sur le papier pendant le traitement n'ait aucun effet nocif.

Deux objections ont été toutefois formulées à l'égard de cette méthode: premièrement, les documents en lambeaux supportent mal le séjour dans un bain et, deuxièmement, il n'existe aucune

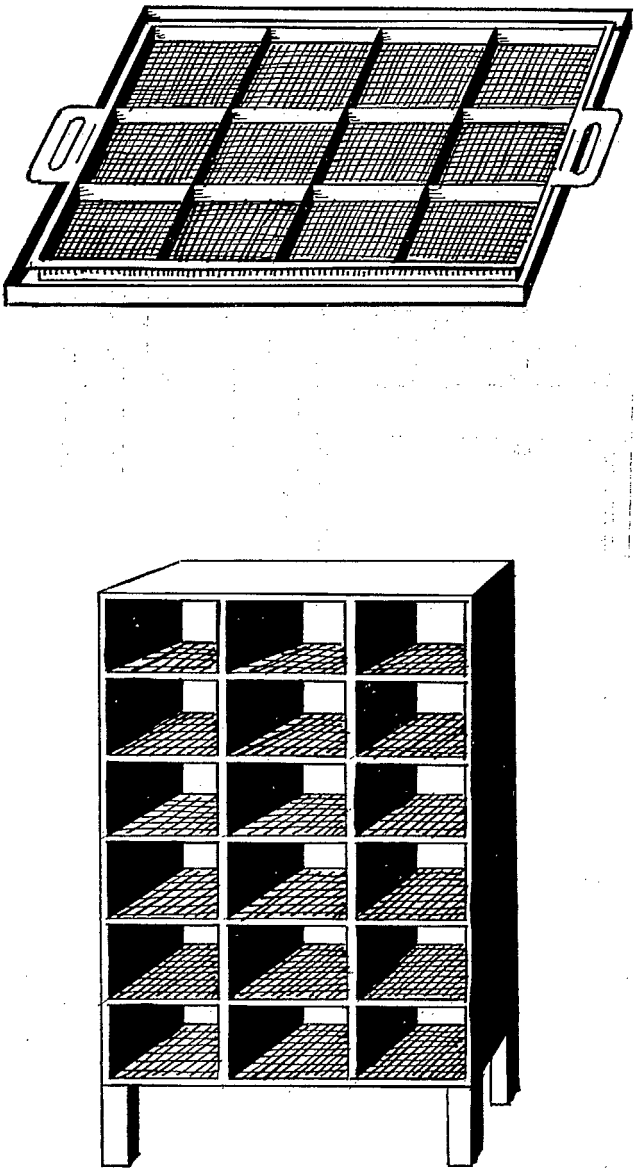


FIG. 5. Râteliers pour le séchage.

certitude que les réactions chimiques se déroulent comme prévu.

Werner, qui a examiné cette question en détail, est parvenu à la conclusion que même des documents très endommagés peuvent être traités à l'aide de ces solutions en utilisant la toile métallique de laiton, sans subir de dégâts. Selon lui, il ne se produit aucune désacidification non contrôlée et le *p*H des documents traités de cette manière est d'environ 7,3. En revanche, Langwell a déclaré que cette méthode est incertaine. D'après lui, il n'existe aucune preuve que le *p*H ne dépasse jamais 8,0 et que des dégâts dus à l'alcalinité ne peuvent se produire. Kathpalia a montré que tous les types de documents ne peuvent être traités par cette méthode et que la valeur du *p*H s'élève jusqu'à 9,2 dans certains papiers désacidifiés. Toutefois Barrow a affirmé qu'une alcalinité élevée, équivalant à un *p*H de 9,2, n'a aucun effet nocif sur le papier. Dans des travaux ultérieurs, il a réduit ce chiffre précisant que « la feuille de papier désacidifié a généralement un *p*H de 8,5 ou légèrement supérieur ». Il est évident qu'une étude approfondie du mécanisme de la réaction est nécessaire.

Quoi qu'il en soit, l'efficacité de cette méthode a été prouvée. Elle est utilisée maintenant depuis vingt-cinq ans et aucune réaction défavorable n'a été observée ou signalée. On peut dire qu'elle a subi victorieusement l'épreuve du temps. Mais comme l'immersion des papiers dans deux solutions est une opération longue, coûteuse et lente, de nouveaux procédés ont été mis au point.

Carbonates de calcium et de magnésium

Des composés du calcium et du magnésium, probablement sous la forme originelle de carbonate et de phosphate, se rencontrent ensemble dans les anciens papiers bien conservés. Il est évident qu'ils ne sont pas nocifs pour la cellulose. Des expériences ont montré que le traitement de papiers dans une solution de bicarbonate de calcium ou de magnésium offre certaines possibilités de stabilisation.

Préparation de la solution

La solution est préparée en faisant passer du gaz carbonique pendant 2 heures sur un mélange de 1,5 à 2 grammes de carbo-

nate de calcium et de 15 à 20 grammes de carbonate de magnésium dans un litre d'eau. Près de la moitié du carbonate de magnésium et environ un dixième du carbonate de calcium sont transformés en bicarbonates. Après que les particules non dissoutes se sont déposées au fond du récipient, la solution limpide est siphonnée avant emploi.

Technique
Les papiers à traiter sont immergés dans la solution de carbonate de calcium et de carbonate de magnésium pendant environ 20 heures, de préférence toute une nuit, puis ils sont séchés à l'air. Le mélange de bicarbonates étant instable, il se transforme sous l'action de l'air en carbonates, qui se déposent sous forme de fins précipités à la surface entière du papier.

Le procédé neutralise effectivement l'acidité du papier. Le papier ainsi traité devient alcalin et conserve son alcalinité même après des essais de vieillissement accéléré. Des expériences ont montré que les papiers traités ont une stabilité dix fois supérieure à celle des papiers non traités. L'inconvénient du procédé réside dans le fait qu'il faut laisser tremper les documents traités toute une nuit. C'est peut-être pour cette raison que ce procédé n'a généralement pas été adopté par les institutions d'archives.

EMPLOI D'UNE SEULE SOLUTION

Bicarbonate de magnésium

Préparation de la solution
On place 40 grammes de carbonate de magnésium dans une bonbonne de 23 litres, (voir fig. 6) qu'on remplit d'eau. On fait barboter dans la solution du gaz carbonique sous pression jusqu'à ce que la couleur de la solution passe du blanc laiteux au blanc limpide. Le carbonate de magnésium est légèrement soluble dans l'eau. Sous l'action du gaz carbonique le carbonate de magnésium est transformé en bicarbonate de magnésium soluble dans l'eau. La solution limpide de bicarbonate de magnésium est prête à l'emploi.

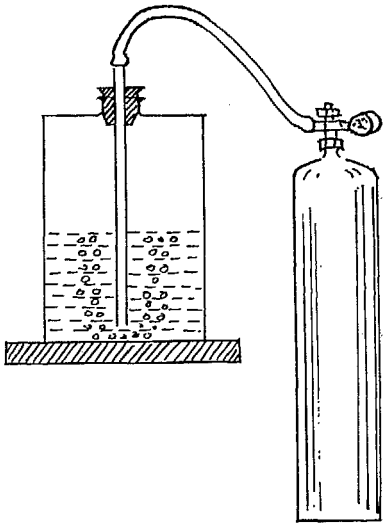


FIG. 6. Préparation de la solution de bicarbonate de magnésium.

Technique

On verse la solution dans une cuvette ou un évier. Les documents, placés sur un tamis de plastique, y sont plongés l'un après l'autre, le tamis jouant le rôle de feuille intercalaire. Ils demeurent dans la solution de 20 à 30 minutes. Ils sont ensuite retirés et séchés à l'air. Le bicarbonate de magnésium étant instable, il se transforme en carbonate de magnésium avec dégagement de gaz carbonique.

Selon la teneur en acide du papier soumis à ce traitement, la solution alcaline du bicarbonate de magnésium change de couleur, passant du blanc clair au jaune clair pour prendre finalement une coloration ambrée. Dès que cette coloration apparaît la solution doit être jetée et l'on utilise une solution neuve pour le lot suivant de papiers. Une ou plusieurs feuilles peuvent être désacidifiées en même temps selon la hauteur et la quantité de solution dans la cuvette ou l'évier. Toutefois, la cuvette ne doit pas être bourrée de feuilles de papier, car il faut un espace suffisant pour que la solution entoure chaque

feuille. Ce procédé est efficace pour neutraliser l'acidité du papier.

L'emploi de carbonate de magnésium pour la désacidification du papier a été essayé pour la première fois en 1957 par Gear aux Archives nationales des États-Unis. A la même époque, alors qu'il travaillait sur le problème de la stabilisation de papiers édition modernes, Barrow a essayé un mélange de bicarbonate de calcium et de bicarbonate de magnésium (cette méthode a été décrite plus haut dans la section consacrée aux procédés de désacidification au moyen de deux solutions). Par la suite, Barrow est revenu à la désacidification au moyen d'une seule solution, à base de bicarbonate de magnésium. Sa technique est semblable à celle de Gear et comporte l'immersion de feuilles isolées dans une solution saturée de bicarbonate de magnésium.

La désacidification à l'aide d'une seule solution constitue une méthode efficace de stabilisation du papier. Selon Barrow, « la nature du procédé limite son application à des feuilles relativement résistantes telles que celles qu'on trouve en général dans les livres neufs ». Trois ans plus tard il estimait « que seules les feuilles dans un état relativement satisfaisant sont aptes à la désacidification par ce procédé ». Toutefois le procédé est utilisé et, jusqu'à présent, aucun effet défavorable n'a été signalé.

Désacidification par pulvérisation de bicarbonate de magnésium

Barrow a expérimenté la pulvérisation de bicarbonate de magnésium sur des papiers, cartes ou livres reliés endommagés et fragiles.

Préparation de la solution
On fait dissoudre 25 grammes de carbonate de magnésium dans 1 litre d'eau. On fait barboter du gaz carbonique dans cette solution pendant 2 heures ou un peu plus pour obtenir une solution concentrée de bicarbonate de magnésium.

Technique
On applique la solution de bicarbonate de magnésium au moyen d'un pulvérisateur électrique analogue à celui utilisé par les peintres. La solution est pulvérisée uniformément sur les deux

côtés et sur tout le document. Pendant l'opération, un brouillard blanc se dégage qui flotte dans l'air environnant et qui se dépose graduellement dans le voisinage; par conséquent la pulvérisation doit être effectuée dans une sorbonne ou sous une hotte de laboratoire. On laisse la solution s'imprégner dans le document pendant toute une nuit en le couvrant avec une feuille d'aluminium pour empêcher l'évaporation. Les échantillons traités au cours d'essais montrent que la désacidification est satisfaisante.

L'efficacité de ce procédé, c'est-à-dire la pulvérisation, par rapport à l'immersion dans un bain de bicarbonate de magnésium, est inférieure parce que dans un bain les produits chimiques pénètrent intimement les fibres de cellulose. En outre, la pulvérisation provoque le gondolement du papier, qui augmente au fur et à mesure que l'on pulvérise. L'addition de 10 à 20% d'alcool éthylique diminue le gondolement au séchage. Selon Barrow, cette méthode ne confère pas au papier une stabilité aussi grande que le bain dans une solution, mais elle est beaucoup plus rapide et donc plus économique. Elle est efficace pour les cartes et autres documents dont l'encre s'étale. Mais si l'on ne pulvérise que le côté non écrit du document, en laissant la solution de bicarbonate de magnésium migrer, on peut se demander si la désacidification est complète dans toute la feuille. Ce procédé, de même que le procédé par trempage, pose les mêmes problèmes et c'est la raison pour laquelle il ne peut être généralement adopté. Il n'est appliqué par aucune organisation, hormis le Barrow Research Laboratory.

Eau de chaux

Dans ce procédé, on plonge le papier dans une solution saturée d'hydrate de calcium qui est préparée à partir de chaux (oxyde de calcium) comme il est indiqué ci-dessus dans la section concernant la désacidification avec deux solutions. Sous l'action de l'air, l'hydrate de calcium se transforme au bout d'un certain temps en carbonate de calcium. Ce procédé ne convient que pour le traitement d'urgence des papiers légèrement acides. Il a été essayé au Public Record Office de Londres pour désacidifier uniquement ce genre de papier.

Inhibiteurs

L'emploi d'inhibiteurs pour la désacidification a été préconisé par Langwell. Le traitement s'effectue en solution aqueuse.

Préparation de la solution
On fait dissoudre un mélange comprenant 42 grammes de pyrophosphate bisodique, 5 grammes de ferrocyanure de potassium et 14 grammes de soude, dans 4,5 litres d'eau. Les cristaux de ferrocyanure de potassium se dissolvent assez difficilement. Pour accélérer le processus, on les réduit en une poudre fine. La soude est ajoutée à ce mélange pour empêcher la coloration du papier, car une solution sans soude donne au papier une couleur verdâtre en présence de fer et rosâtre en présence de cuivre.

Technique
On verse la solution préparée comme indiqué ci-dessus dans un évier ou une cuvette. Les feuilles de papier à désacidifier sont plongées une à une dans la solution en s'assurant que chacune d'elles est submergée avant d'ajouter la suivante jusqu'à ce qu'il reste tout juste assez de liquide pour couvrir la dernière feuille. La pile de feuilles est retirée et placée sur une plaque de verre. On exprime la solution en excès au moyen d'un rouleau. Les feuilles sont alors levées une à une et séchées. On peut accélérer l'imprégnation en utilisant une solution chaude ou en ajoutant quelques gouttes d'un agent mouillant non ionique de bonne qualité.

On mesure l'acidité de la solution au moyen d'un papier au tournesol neutre. Dans un bain neuf ce papier prend une couleur pourpre; lorsque la solution devient acide, le papier devient rouge. A ce moment il est préférable de jeter la solution et d'utiliser une solution neuve.

Ce procédé ne convient pas aux papiers fragiles, en lambeaux, et trop faibles pour être manipulés humides. Il ne convient pas non plus pour les documents qui sont écrits avec des encres solubles à l'eau. Il est donc préférable d'essayer les encres pour vérifier leur solubilité avant d'immerger les documents. D'après les renseignements disponibles, on peut affirmer qu'aucune

institution d'archives n'utilise ce procédé; il semble donc qu'il n'ait qu'un intérêt purement académique.

Parmi les autres méthodes qui ont été décrites dans la littérature, on peut citer l'emploi par les chercheurs russes de solutions de borates et de phosphates appliquées au tampon.

APPRÉCIATION

Les traitements en milieu aqueux qui viennent d'être décrits permettent de stabiliser le papier: *a)* en neutralisant l'acide libre; *b)* en déposant des sels à sa surface, qui, ultérieurement, jouent le rôle de tampon pour empêcher la réacidification. Ces procédés permettent également de dissoudre un grand nombre de produits nocifs pour le papier et peut-être d'améliorer la liaison fibre à fibre par suite de l'humidification puis du séchage sous pression.

En revanche, ces procédés ont quelques inconvénients évidents. Lorsqu'il est humide un papier peu résistant peut être endommagé lors de la manipulation. Il faut donc une très grande habileté pour soumettre ce papier à un tel traitement.

En outre, tous les types de document ne peuvent être désacidifiés en milieu aqueux. Par exemple, l'encre peut s'étaler ou se dissoudre, et des fragments peuvent être perdus. Dans certains cas, une légère décoloration apparaît. Dans d'autres cas, le papier du document se déforme, car, lorsqu'il est mouillé, le papier absorbe près de deux fois son poids d'eau et, donc, se dilate, alors qu'en séchant, il se rétracte; une légère augmentation de l'épaisseur se produit généralement par suite de l'allongement des fibres lorsque le papier est humide.

Ces procédés sont coûteux et lents, car chaque feuille doit être traitée séparément; toutefois, ces inconvénients sont plus que compensés par leur indéniable efficacité. Les procédés qui sont d'un usage universel sont la désacidification au moyen d'une solution: *a)* d'hydrate de calcium et de bicarbonate de calcium; *b)* de bicarbonate de magnésium.

Méthodes de désacidification en milieu non aqueux

Des recherches très importantes sont actuellement entreprises pour améliorer les techniques actuelles, accélérer le procédé, le rendre applicable au traitement de volumes reliés et enfin diminuer le coût de l'opération. Pour y parvenir, divers chercheurs ont émis l'hypothèse qu'une solution de désacidification contenant des solvants organiques pourrait constituer un remède aux difficultés dues aux solutions aqueuses. Le même espoir a été exprimé par l'Institut international pour la conservation des objets d'art et d'histoire en 1968, lorsque son Comité pour l'étude des problèmes du papier a déclaré: « il faut mettre au point un procédé de désacidification en milieu non aqueux n'ayant aucun effet nocif sur le papier, les pigments et les divers supports ». Un certain nombre de procédés de désacidification en milieu non aqueux sont mentionnés dans la littérature. En général leur emploi a été limité à des opérations peu importantes en laboratoire, la plupart du temps à des fins expérimentales. Jusqu'à présent aucun de ces procédés n'a été adopté pour un usage général, contrairement aux procédés en milieu aqueux. On trouvera ci-dessous un bref résumé des travaux réalisés.

Les traitements en milieu non aqueux nécessitent l'emploi d'une solution non aqueuse contenant un agent de désacidification et un solvant organique. L'avantage des solvants organiques réside dans le fait qu'ils sont liquides dans une large gamme de températures et peuvent être mélangés pour obtenir les caractéristiques et les propriétés désirées. En outre, comme ils s'évaporent rapidement, même à la température ambiante, le problème du séchage et du gondolement ne se pose pas.

Cependant, tous ces solvants organiques sont soit inflammables soit toxiques, ou ils sont assez coûteux. Certains sont des poisons, ou sont dangereux pour la santé, et, dans certains colorants et encres utilisés avec le papier, ils sont solubles ou s'étalent. On a utilisé des produits tels que l'acétate de magnésium, l'hydrate de baryum, le carbonate et l'acétate de cyclohexylamine, et le méthylate de magnésium.

ACÉTATE DE MAGNÉSIUM

On a constaté que l'acétate de magnésium désacidifie le papier et améliore sa permanence. En 1959, Wilson et Forshee ont recommandé son emploi comme inhibiteur acide dans les pellicules pour lamination à base de cellulose. Il est soluble dans l'alcool méthylique et éthylique. On a obtenu une désacidification satisfaisante avec une solution à 2% de ce composé dans de l'alcool méthylique à 95%. Les documents à traiter sont plongés dans la solution ou on applique celle-ci au moyen d'un pinceau ou d'un pulvérisateur. La pulvérisation peut être utilisée sans trop de risques sur les volumes reliés. Toutefois Barrow, au cours de ses essais sur les procédés de désacidification par pulvérisation, a renoncé à l'acétate de magnésium parce que son efficacité était la plus faible, mais il est probable que les résultats de ses essais étaient fragmentés.

HYDRATE DE BARYUM

Baynes-Cope, du Laboratoire du British Museum, a mis au point une méthode utilisant le monohydrate de baryum dans l'alcool méthylique pour désacidifier les documents qui sont écrits avec des encres solubles à l'eau et qui sont devenus fragiles ou ne peuvent être traités en milieu aqueux sans courir le risque de les endommager. On forme une solution à 1% de monohydrate de baryum en faisant dissoudre 1,86 gramme d'orthahydrate de baryum dans 100 ml d'alcool méthylique. On applique cette solution sur le document au pinceau ou par pulvérisation si le papier est fragile, ou on y plonge le document. Le document est suspendu pour le séchage. Le monohydrate de baryum se transforme ultérieurement en carbonate de baryum sous l'action du gaz carbonique de l'atmosphère.

Toutefois, un certain nombre de précautions doivent être prises lorsqu'on utilise cette méthode; en effet: *a)* le baryum et la plupart de ses composés sont toxiques, mais, étant donné la faiblesse des concentrations utilisées, le problème de la toxicité ne risque pas de se poser; *b)* les vapeurs d'alcool méthylique sont explosives et toxiques; *c)* de nombreuses encres de couleur, telles que les encres pour stylo à bille, sont solubles dans l'alcool méthylique.

Comme l'indique avec raison Baynes-Cope, l'emploi de ce procédé est réservé aux documents isolés qui ne peuvent être traités par la méthode en milieu aqueux, c'est-à-dire aux documents dont les encres sont solubles à l'eau, et au vélin. En Inde, le National Museum a essayé ce procédé et il a signalé des résultats satisfaisants avec une solution à 0,5% différente de celle recommandée par Baynes-Cope, mais il n'a publié aucune donnée d'essais.

MÉTHYLATE DE MAGNÉSIUM

Le méthylate de magnésium se trouve dans le commerce sous la forme d'une solution à 5% en poids dans l'alcool méthylique, et il peut également être fabriqué en laboratoire. Des solutions de méthylate de magnésium dans le méthanol sont stables jusqu'à des concentrations de 8% en poids et métastables de 8 à 10%. Les feuillets à traiter sont plongés dans la solution, agités pendant quelques secondes jusqu'à l'imprégnation, puis retirés et suspendus pour séchage. La valeur du *p*H atteint 10. Le document se gondole en séchant, mais la déformation est moindre que celle qui se produit dans le traitement en milieu aqueux. Exposé à l'air, le méthylate de magnésium réagit immédiatement avec l'humidité ambiante pour former de l'oxyde de magnésium qui joue le rôle de stabilisant.

Ce procédé souffre de certaines limitations auxquelles on s'efforce actuellement de remédier. Selon Smith, la réaction instantanée du méthylate de magnésium avec l'humidité absorbée dans le papier produit un gel de magnésium épais qui s'oppose à un traitement uniforme. Le papier se boursoufle et gondole au séchage. Les encres, colorants et autres matériaux colorés sont dissous ou altérés. Ces inconvénients peuvent être éliminés en contrôlant la durée et les conditions du traitement. Toutefois, le méthylate de magnésium et ses produits de réaction n'ont pas d'effets nocifs sur la permanence du papier.

On a également essayé de désacidifier des livres en utilisant du méthylate de magnésium à basse température dans des autoclaves.

Méthodes de désacidification en milieu sec

Des gaz ou des vapeurs ont été utilisés pour désacidifier des documents, car il est évident que cette méthode a des aspects intéressants. Par exemple, l'humidification des documents n'est pas nécessaire et la pénétration des gaz ou des vapeurs est totale et tout à fait uniforme.

GAZ AMMONIAC

Le premier gaz qui a été utilisé est l'ammoniac qui est bon marché et d'un emploi sûr et facile. Il convient pour désacidifier des documents écrits au moyen d'encres solubles à l'eau, ou qui contiennent des teintures ou des colorants.

Les documents et les livres à traiter sont exposés à de l'ammoniaque dilué (1:10) dans une enceinte fermée hermétiquement. On a constaté que les vapeurs d'ammoniac neutralisent l'acidité du papier après un délai variant de 24 à 36 heures. Le traitement n'altère ni la durabilité du papier ni les encres solubles à l'eau. Le *p*H prend une valeur comprise entre 6, 8 et 7,2. Aucun produit de réaction ne se dépose à la surface du papier.

Ce procédé est utilisé au National Museum de New Delhi et en URSS. Barrow a signalé que le papier redevient acide après 24 heures, et qu'au bout de 54 jours le *p*H du papier traité reprend sa valeur initiale, au moment où le traitement a commencé; mais Kathpalia a constaté que des papiers qui avaient été désacidifiés en laboratoire en 1957, en utilisant ce procédé, ne s'étaient pas détériorés. Le *p*H est passé de 7,1 à 6,5 au bout de 13 ans.

Ces résultats sont en contradiction avec celui obtenu par Barrow. Cela est dû au fait que dans le procédé adopté par Barrow, les échantillons n'étaient traités que pendant 18 heures, alors que Kathpalia avait suggéré une durée de 24 à 36 heures. On a en outre constaté que les papiers traités ne subissent aucune décoloration. Il est raisonnable de penser que les documents traités auront une tenue satisfaisante s'ils sont conservés dans une atmosphère non contaminée.

DÉSACIDIFICATION EN PHASE VAPEUR

Dans ce procédé, on utilise du carbonate de cyclohexylamine; c'est une poudre blanche, soluble dans l'eau et dans certains solvants organiques tels que l'alcool méthylique. Il est acide plutôt qu'alcalin. Il est évident qu'il ne peut être l'agent de désacidification. En se vaporisant, il se transforme probablement en produit alcalin, la cyclohexylamine, qui semble donc constituer l'agent de désacidification.

L'opération se déroule comme suit: des feuilles de papier imprégnées de cyclohexylamine sont insérées toutes les 25 pages pour les livres imprimés sur du papier fortement encollé et toutes les 50 pages pour des livres imprimés sur du papier poreux. Ce papier imprégné peut également être utilisé pour des manuscrits placés dans des boîtes. Dans les deux cas, les feuilles doivent être légèrement plus larges que les documents à traiter.

Ces documents, une fois traités, sont placés dans une enceinte ou dans des récipients étanches à l'air, ou dans un sac en plastique hermétique. Généralement la désacidification dure 2 semaines. Passé ce délai, on retire les feuilles de papier imprégnées et on mesure le *p*H.

Langwell recommande 10 grammes de carbonate de cyclohexylamine pour traiter environ 900 grammes de papier en feuilles placé dans une caisse. Autrement dit, dans les grands dépôts d'archives où les documents exigeant une désacidification sont plus nombreux une grande quantité de produit devrait être utilisée. Des chercheurs d'URSS ont découvert que la concentration maximale du produit ne doit pas dépasser 0,001 gramme par mètre cube pour ne pas compromettre la sécurité des opérateurs. Cela représente à peu près une partie pour un million, alors que Langwell suggère une partie pour mille. Comme le cyclohexylamine, le carbonate de cyclohexylamine a des propriétés dangereuses et, à forte concentration, il est nocif pour les opérateurs, car il dégage un alcali fort qui peut provoquer l'irritation de l'appareil respiratoire et de la peau. Il faut éviter l'inhalation prolongée des vapeurs et les mains doivent être protégées au moyen de gants de caoutchouc. Ce procédé exige donc des précautions et il ne doit pas être utilisé lorsque les documents sont conservés dans des salles climatisées.

Des recherches effectuées au Barrow Research Laboratory ont montré que le carbonate de cyclohexylamine assure une désaci-

dification satisfaisante et les papiers acides et non acides traités gardent plus longtemps des caractéristiques physiques acceptables; mais ce traitement détruit la colophane, diminue la blancheur et provoque le jaunissement du papier. Ces travaux ont attiré l'attention sur l'odeur désagréable du carbonate de cyclohexylamine et sur les précautions à prendre pour éviter les dangers auxquels peuvent être exposés les personnes qui manipulent ce produit ou les livres et papiers traités avec ce produit.

Les documents d'archives ont un caractère unique et le traitement qu'ils exigent doit être non seulement spécialisé, mais tenir compte des cas d'espèce. En conséquence, on ne peut considérer comme efficaces que les méthodes dont l'utilité a été prouvée et qui n'ont aucun effet nocif. Parmi celles-ci, les principales sont la désacidification au moyen de deux solutions, hydrate de calcium et bicarbonate de calcium, et au moyen d'une seule solution, bicarbonate de magnésium en milieux aqueux. La seule méthode de désacidification en milieu gazeux utilise l'ammoniac. Même si elle a suscité quelques doutes, probablement à la suite d'essais mal conduits, cette méthode est efficace et elle n'a provoqué aucun dommage. En outre, ce sont les seules méthodes qui ont été adoptées ou qui sont utilisées dans divers centres d'archives. Les autres procédés sont d'un intérêt purement académique et ils se trouvent encore dans la phase de mise au point. Parmi ceux-ci, le procédé au méthylate de magnésium dans un solvant non aqueux semble le plus intéressant.

Un autre procédé combine la désacidification et le renforcement; il a été mis au point en 1965 au Washington State University College of Engineering. Le papier à désacidifier est imprégné d'une solution sodique de la carboxyméthylcellulose (CMC). On a constaté que non seulement la CMC neutralise effectivement l'acide, mais accroît la résistance au pliage du papier ancien et que l'effet de neutralisation subsiste même après vieillissement à la chaleur. Cependant, le papier traité devient rigide. On a également constaté que si un plastifiant non volatil est ajouté à la CMC, il contribue à conserver la souplesse du papier traité. Des résines résistantes à l'humidité utilisées en petite quantité constituent des plastifiants efficaces. Ces recherches sont très intéressantes et pleines de promesses et elles doivent être approfondies.

6 Restauration

La plupart des documents, après nettoyage, lavage, désacidification et aplanissement n'exigent qu'un réencollage, ou de petites réparations suivies d'un réencollage, pour rétablir leur résistance mécanique. Mais les documents qui ont jauni ou sont devenus fragiles et sont dans un état avancé de détérioration ont besoin de réparations plus importantes. Il existe un certain nombre de procédés permettant de les renforcer. Ils utilisent: *a)* le papier de soie; *b)* la gaze de soie; *c)* le montage à plat; *d)* le réenmargement; *e)* la lamination à la machine; *f)* la lamination par solvant.

Tous ces procédés présentent certains avantages et certaines limitations. Leur emploi dépend donc de la nature du document, du matériau dont il est constitué et de l'importance des dégâts. Il s'agit d'un travail qui exige une très grande habileté; la qualité du travail effectué et l'efficacité du renforcement dépendent des connaissances et de l'expérience du restaurateur.

En raison du développement des techniques de lamination, à la machine et par solvant – ce qu'on appelle les procédés modernes de réparation – l'emploi des autres procédés classiques, tels que ceux qui mettent en œuvre le papier de soie, la gaze de soie, le montage à plat et le montage sur onglets, a plus ou moins diminué. Néanmoins, ils sont encore en usage dans de nombreux services d'archives, en Orient comme en Occident, et ils ont fait la preuve de leur utilité. D'autre part, on a recours à ces procédés dans les cas où la lamination n'est ni possible ni souhaitable.

Petites réparations

De petites réparations sont exécutées sur des documents qui sont légèrement endommagés ou qui doivent être réparés de place en place. Dans ce genre de réparations, on utilise du papier de soie qui est collé sur les deux côtés de la partie déchirée. Un adhésif synthétique à base d'acétate de polyvinyle, ou préparé en faisant dissoudre des morceaux d'acétate de cellulose dans de l'acétone, ou de la colle de pâte, est d'abord appliqué sur la partie déchirée, puis le papier de soie est placé sur celle-ci et pressé. On répète l'opération sur l'autre côté. Lorsque la colle est sèche, on rogne le papier de soie en excédent. Cette technique vise à renforcer la partie déchirée et à remplacer les parties manquantes d'une feuille.

On peut aussi utiliser des bandes de papier de soie imprégnées d'acétate de polyvinyle. Le papier de soie imprégné peut être préparé comme suit: une solution diluée d'une émulsion d'acétate de polyvinyle à plastifiant interne, tel que le Tixicote VJC 555 est préparée en mélangeant rapidement l'émulsion, de l'eau et de l'alcool éthylique ou méthylique en parties égales. On pose sur une plaque de verre une feuille de papier de soie. On applique la solution soit par pulvérisation, soit au pinceau. On la laisse sécher. La plaque de verre et le papier de soie traité sont alors plongés dans l'eau. Au bout de quelques minutes, le papier de soie peut être détaché de la plaque de verre et mis à sécher en le suspendant.

La réparation s'effectue comme suit: le papier de soie est coupé au format requis, les bords étant déchiquetés en dentelle. On l'applique sur la partie déchirée, on recouvre d'un papier au silicone et l'on presse le tout avec un fer chaud. L'adhésif se ramollit et fixe le papier de soie solidement au document.

L'auteur a eu l'occasion d'expérimenter ce papier à Florence. La technique de préparation du papier imprégné était légèrement différente de celle qui est décrite ci-dessus; l'émulsion était déposée uniformément sur la plaque de verre, puis le papier de soie était posé délicatement par-dessus. On tamponnait doucement avec un morceau d'ouate les bulles d'air qui se formaient afin que le papier fût en contact avec l'émulsion. Les excès d'émulsion qui se trouvait à l'extérieur de la partie recouverte par le papier était retiré à l'aide d'un tampon d'ouate humecté ou d'une éponge fine.

Lorsque le papier était sec, on frottait la surface avec un bloc de paraffine dure et on le saupoudrait légèrement avec du carbonate de calcium. On détachait le papier de soie en soulevant un angle avec une spatule et on le décollait de la plaque de verre. Le côté adhésif du papier de soie était légèrement satiné et il pouvait donc être utilisé sans difficulté. On intercalait du papier au silicone ou du papier paraffiné entre les feuillets imprégnés une fois la réparation terminée.

On l'appliquait sur le feuillet d'une manière semblable, mais la chaleur provenait d'un fer à souder plat tenu à environ 90 °C. Les petites réparations qu'on effectuait avec ce papier étaient limitées aux papiers déchirés ou aux papiers auxquels il manquait certaines parties.

De petits travaux sont acceptables lorsqu'il s'agit de renforcer une partie d'un document ou de réparer une déchirure; mais si on les multiplie dans un document, on aboutit à un rapiéçage qui compromet la durée de vie du papier et, en même temps, donne un aspect fâcheux au feuillet réparé. En outre, le feuillet est renforcé aux emplacements où de petites réparations ont été effectuées, alors que la partie non traitée reste faible: il en résulte souvent une déchirure ou une rupture aux emplacements où les parties faibles et les parties renforcées se rejoignent. De plus, réparer un feuillet ici et là demande plus de temps que de le renforcer complètement. Par conséquent les petites réparations doivent être limitées au minimum.

Collage

La plupart des documents qui ont reçu un prétraitement (nettoyage, lavage, désacidification, etc.) n'exigent aucun autre traitement à l'exception du collage qui confère au papier la résistance nécessaire pour qu'il soit manipulé sans risque de détérioration. Le collage est la dernière étape dans le processus de restauration et cette opération est exécutée sur les documents qui ne sont pas assez résistants, mais qui n'exigent pas une restauration, aussi bien que sur les documents réparés au moyen des procédés classiques.

Avant de procéder au collage, il convient de faire des essais pour vérifier que l'encre ne coule pas. Les encres qui sont solubles

dans l'eau doivent être d'abord protégées au moyen d'une émulsion d'alcool polyvinylique, ou d'une solution d'acétate de cellulose dans l'acétone. Ces documents, de même que ceux dont l'encre est colorée, doivent être traités à part.

PROCÉDÉS DE COLLAGE

On prépare une solution aqueuse de colle forte à 2,5%; la solution est chauffée à 43-45 °C. Les feuillets à traiter sont passés dans la colle chaude ainsi préparée, retirés, puis disposés dans une cuvette où l'excès de colle s'égoutte. Ils sont ensuite mis à sécher sur une corde. Avant d'être plongés dans la solution de colle, les feuillets sont placés sur des tamis en matière plastique.

Il existe une autre solution à base de gélatine: on fait dissoudre 30 grammes de gélatine (la meilleure qualité) dans un litre d'eau. On chauffe doucement la solution en évitant de brûler la gélatine, ce qui donnerait une teinte brune à la solution, qui doit rester limpide. On la filtre sur une étamine et on l'utilise à chaud. La température doit être maintenue entre 43 et 45 °C. Dans ce procédé, on plonge plusieurs feuillets à la fois dans le bain, on les retire et on les presse entre des planches pour que l'excès de colle s'égoutte. On les sépare et on les met à sécher à plat ou sur une corde. Il faut s'assurer qu'ils ne se collent pas les uns aux autres. Une fois secs, les feuillets sont chauffés sur une calandre, ou repassés.

Le Public Record Office de Londres utilise actuellement une colle à base de fragments de parchemin préparée de la même manière que la colle à la gélatine: elle est appliquée sur le document à l'aide d'un pinceau. Les feuillets ainsi traités ont été réparés selon les procédés classiques.

Cette opération de collage durcit le papier et le protège même généralement contre les taches d'eau. Si la surface des feuillets présente des souillures, des traits de crayon, etc., elle doit être nettoyée (voir chapitre 4) avant le collage, sinon les taches seraient fixées d'une façon indélébile.

Les papiers ayant des moisissures peuvent aussi être collés, mais ils doivent d'abord être traités avec du thymol pour détruire les moisissures (voir chapitre 2). Avant de plonger les feuillets dans le bain de colle, ils subissent un traitement préliminaire

dans une solution alcoolisée de thymol à 1,5%. Les feuillets ainsi préparés sont alors collés. La température du bain ne doit pas dépasser 43 °C, afin d'éviter la vaporisation du thymol qui s'est déposé sur les feuillets.

COLLES SYNTHÉTIQUES

Un certain nombre de composés synthétiques sont utilisés comme colles.

Méthylcellulose (marque commerciale: Glutofix). Une solution de ce produit est appliquée au moyen d'un pinceau sur les feuillets réparés ou non réparés, mais après lavage et désacidification.

Nylon soluble (marque commerciale: Calaton). Ce matériau est utile pour les travaux de collage et de réparation. On fait dissoudre 15 grammes de nylon soluble en poudre dans un litre d'alcool par chauffage au bain-marie à 40 °C. Les documents sont trempés dans cette solution. Cependant, pendant le travail, des vapeurs d'alcool se dégagent dans la pièce; il est donc nécessaire d'opérer dans une sorbonne, ou dans une salle ayant une bonne ventilation et munie d'extracteurs d'air. Aucune flamme nue ne doit être tolérée pendant l'exécution de ce travail.

Procédés de restauration [1]

PAPIER DE SOIE

Le document à restaurer est placé sur une plaque de verre, ou sur une feuille d'alkathène ou de Perspex en utilisant du Terylène (polyester) comme support au lieu de l'alkathène; il est ensuite uniformément humidifié au moyen d'une éponge trempée dans l'eau. On applique alors sur le document une feuille de papier de soie légèrement plus large, en utilisant une colle de pâte liquide (voir annexe 3). On peut aussi mettre la colle sur le document et poser doucement le papier de soie par-dessus pour éviter des plis ou des bulles d'air. On peut également fixer le

1. Pour le matériel, voir chapitre 8.

papier de soie sur le feuillet au moyen de la colle. De toute façon, le résultat est le même. On retourne alors le document au moyen d'une autre feuille d'alkathène ou de Terylène et l'on traite l'autre côté de la même manière. On le soulève et on le met sécher sur un tamis en matière plastique. Si l'on a utilisé du Terylène, le document est soulevé en même temps que le support et on le laisse sécher. On rogne les bords en laissant une légère marge et on le met sous presse.

GAZE DE SOIE

Ce procédé de réparation est identique au précédent, sauf que la gaze de soie est découpée suivant un format légèrement inférieur à celui du document et que la colle est appliquée sur la gaze qui a été placée sur le document. L'autre côté est traité de la même manière. La gaze de soie a tendance à s'érailler sur les bords; c'est pourquoi la feuille est entourée d'une bordure en papier fait à la main.

Il ne faut jamais étendre de la gaze de soie sur de grands trous dans un document, car elle peut s'érailler et se déchirer. Dans ce cas, les trous sont d'abord recouverts d'un papier de soie ou d'un papier fait à la main légèrement plus grand que le trou. Il faut une très grande habileté pour faire un travail de qualité.

MONTAGE A PLAT

Les documents qui sont écrits sur un seul côté sont renforcés en les fixant sur un papier fabriqué à la main au moyen d'une colle de pâte épaisse (voir annexe 3). Les plans et autres grands documents, qui risquent d'être endommagés s'ils sont maintenus pliés, sont d'abord découpés en morceaux de dimensions appropriées. Ils sont alors montés sur du lin ou sur du papier en laissant une marge étroite entre les éléments. Cette marge permet de plier la feuille réparée pour obtenir la dimension voulue.

RÉENMARGEMENT

Les feuilles plus résistantes et de dimensions relativement réduites sont réenmargées, c'est-à-dire encadrées dans des feuilles de

papier spécial fabriqué à la main. On utilise généralement cette méthode dans le cas de livres et parfois de documents isolés de dimensions inégales dont les feuillets sont détériorés et sont devenus trop fragiles pour être manipulés sans danger.

On prend une feuille de papier découpée à la dimension requise. Sur ce papier on trace le contour du document. La partie centrale, c'est-à-dire la partie comprise à l'intérieur du tracé, est enlevée en laissant une marge de 3 mm. Le document est alors monté en appliquant de la colle sur les bords, aplani et mis sous presse entre des feuilles de papier paraffiné ou de papier au silicone. S'il s'agit de documents très fragiles, les feuillets peuvent être réparés à la gaze de soie ou au papier de soie avant le réenmargement.

Les documents réparés à l'aide de ce procédé sont mis sous presse alors qu'ils ne sont pas complètement secs. A cet effet, ils sont placés entre deux feuilles de papier paraffiné ou de papier au silicone et mis sous une presse qui est simplement serrée mais non vissée à fond, jusqu'à ce qu'ils soient secs. Le principe de base est que les documents réparés doivent sécher sous pression. Les documents portant des sceaux ne doivent jamais être mis sous presse, mais pressés doucement d'une autre manière. Après leur passage dans la presse, les documents sont rognés à la dimension requise en laissant une marge de 2 mm sur leur pourtour. Il faut prendre soin de ne pas couper ou rogner une partie du document original.

LAMINATION

La lamination consiste à sceller à chaud un document préalablement désacidifié, au moyen d'une pellicule d'acétate de cellulose de 23 microns (0,00088 pouces) d'épaisseur et de papier de soie, soit dans une presse à plat chauffée à la vapeur, soit dans une presse rotative chauffée électriquement.

Le document à restaurer est mis en sandwich comme suit: papier de soie – feuille d'acétate de cellulose – document – feuille d'acétate de cellulose – papier de soie.

Les feuillets d'un volume, préalablement désacidifiés, sont disposés de telle sorte qu'un intervalle de 5 cm est laissé entre

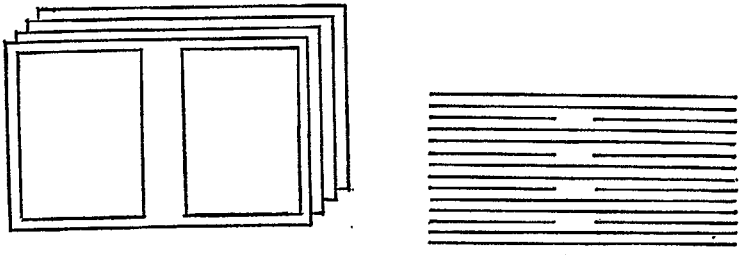


FIG. 7. La mination. Disposition des feuilles.

les feuillets 1 et 8, 2 et 7, 3 et 6, et 4 et 5 d'un cahier. Les feuillets sont disposés en escalier, de la manière indiquée à la figure 7.

Ainsi, avec huit feuillets isolés on obtient quatre paires de feuillets. Ceux-ci, lorsqu'ils sont placés l'un à l'intérieur de l'autre, et pliés par le centre, forment ce que l'on appelle un cahier. On répète l'opération avec le groupe suivant de huit feuillets, et ainsi de suite jusqu'à ce que tous les feuillets du volume aient été mis en cahiers. Après la lamination, l'intervalle entre les feuillets (papier de soie laminé) devient assez résistant pour servir d'onglet permettant le cousage des documents en fascicules. Si les documents sont reliés en volumes, l'onglet laminé peut être renforcé au moyen d'une bande de papier pour titre ou de mousseline.

Lorsqu'on prépare un sandwich d'une paire de documents comme il est indiqué ci-dessus, tous les fragments du document et ses bords doivent être soigneusement fixés à la pellicule d'acétate à leur emplacement normal au moyen d'un tampon de coton ou d'un pinceau d'artiste trempé dans l'acétone. On place alors le sandwich entre deux feuilles de Teflon (tétrafluoréthylène), fibre de verre enduite de résine synthétique, avant de l'introduire dans la presse. Lorsqu'on utilise une presse hydraulique à plat, le sandwich est recouvert de plaques d'acier inoxydable et d'une double épaisseur de papier buvard avant de le déposer sur la platine. Cela a pour but d'absorber toutes les inégalités de surface de la platine et du sandwich et d'assurer une pression uniforme sur le document laminé, quelles que soient

les différences d'épaisseur qui existent au bord du document. On peut placer sur une platine un ou plusieurs sandwiches. Dans ce cas l'ordre des divers matériaux à l'intérieur de chaque platine est le suivant: plaque d'acier inoxydable – buvards – Teflon – sandwich ou liasse – Teflon – buvards – Teflon – sandwich ou liasse – Teflon – buvards – plaque d'acier inoxydable.

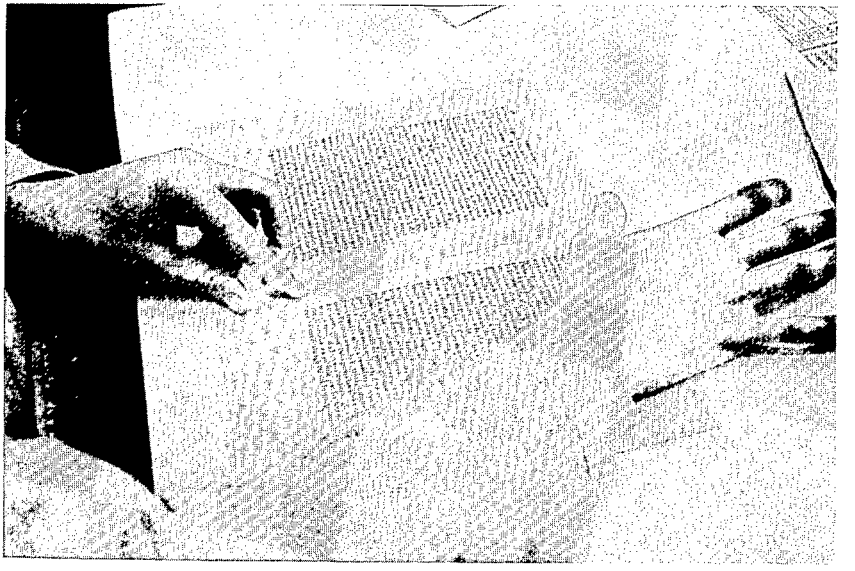
Pour assurer une lamination uniforme, il ne faut pas placer sur chaque platine plus de deux sandwiches. A la suite de recherches effectuées en 1954-1957, le National Bureau of Standards a recommandé de placer deux sandwiches sur une platine. Selon le format des feuillets ou les dimensions de la platine, de quatre à huit feuillets peuvent être placés dans un sandwich.

La température requise pour la lamination des papiers varie entre 140 et 150 °C, et la pression de 22 à 36 kg/cm² selon les conditions et le type de papier. En général, il faut de 2,5 à 3 minutes pour la lamination et l'opération entière, c'est-à-dire chauffage et refroidissement, prend de 7 à 10 minutes. En raison de la pression élevée, l'acétate de cellulose pénètre dans les pores du document et du papier de soie.

De la vapeur à une pression de 5,5 kg/cm² est envoyée dans les platines. La température s'élève à 150 °C en 2 minutes. La pression est appliquée en même temps. Au bout de 3 minutes, on ouvre la soupape d'échappement et l'on envoie de l'eau dans les platines pour les refroidir. La pression requise est appliquée pendant toutes ces opérations. Lorsque les platines sont refroidies, on libère la pression et les documents laminés sont retirés.

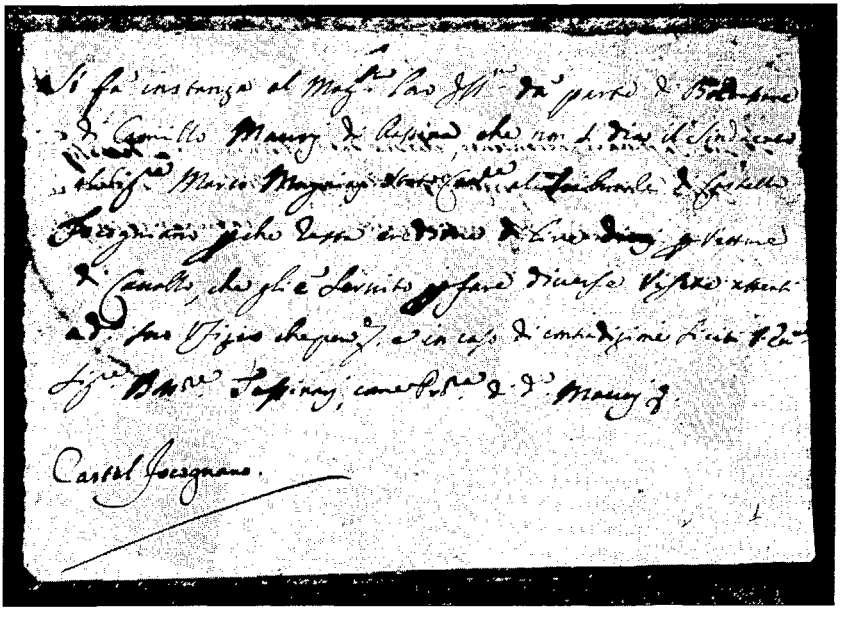
Avec le laminateur rotatif, type Barrow ou Arbee, le sandwich ou la liasse contenant les documents est placé entre des buvards secs et chauffé pendant 30 à 40 secondes à 180-190 °C dans la platine de la presse à plat. Le sandwich chauffé est ensuite passé entre les deux rouleaux cylindriques auxquels on applique une pression de 25 à 40 kg/cm². Le passage du document entre les deux rouleaux dure 30 secondes. Le document laminé est semblable à celui qu'on obtient avec la presse à plat, avec cette différence – elle est très importante – que dans ce cas l'acétate de cellulose agit plus ou moins comme un adhésif et qu'il pénètre très peu dans le papier du document.

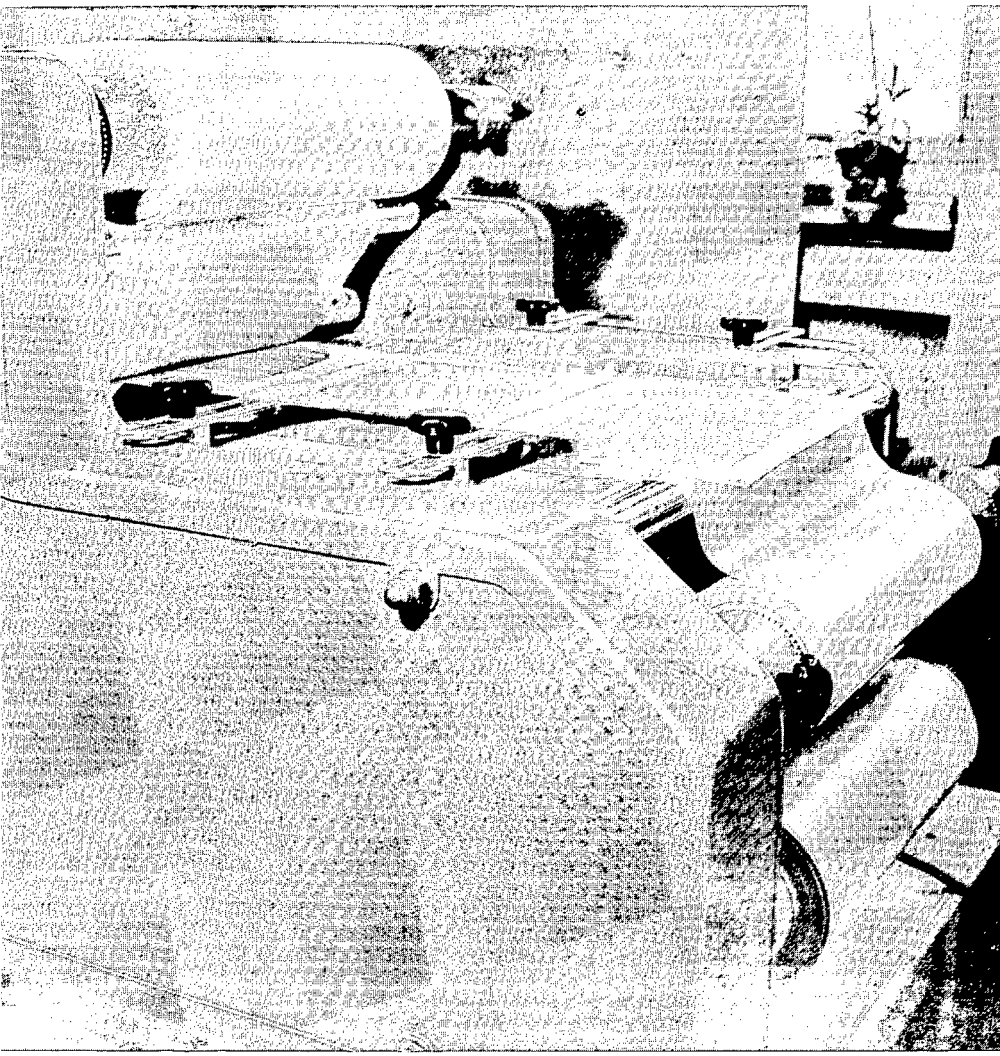
Les feuilles de papier laminées sont alors placées entre des feuilles de papier paraffiné ou de papier au silicone et maintenues



Collage d'un onglet sur la pliure.
Photo Bibliothèque nationale, Florence.

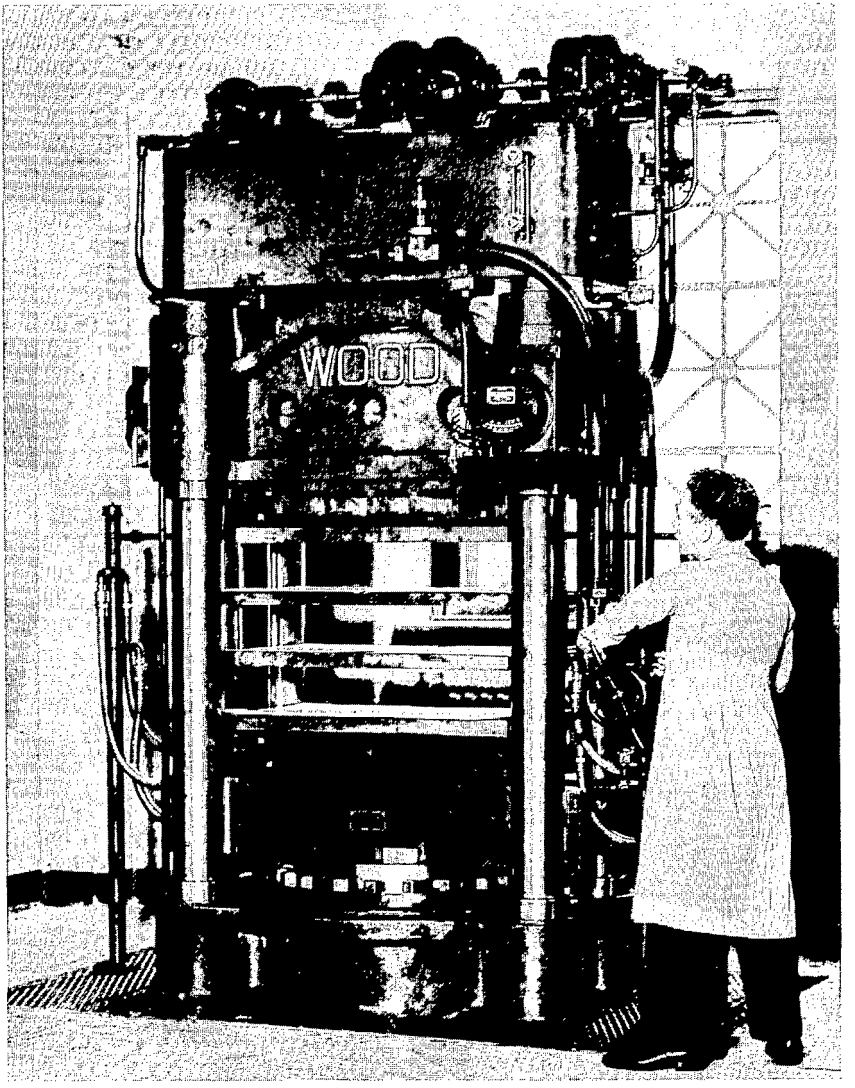
Document réparé selon le procédé de lamination par solvant.
Photo Archives d'État, Florence.

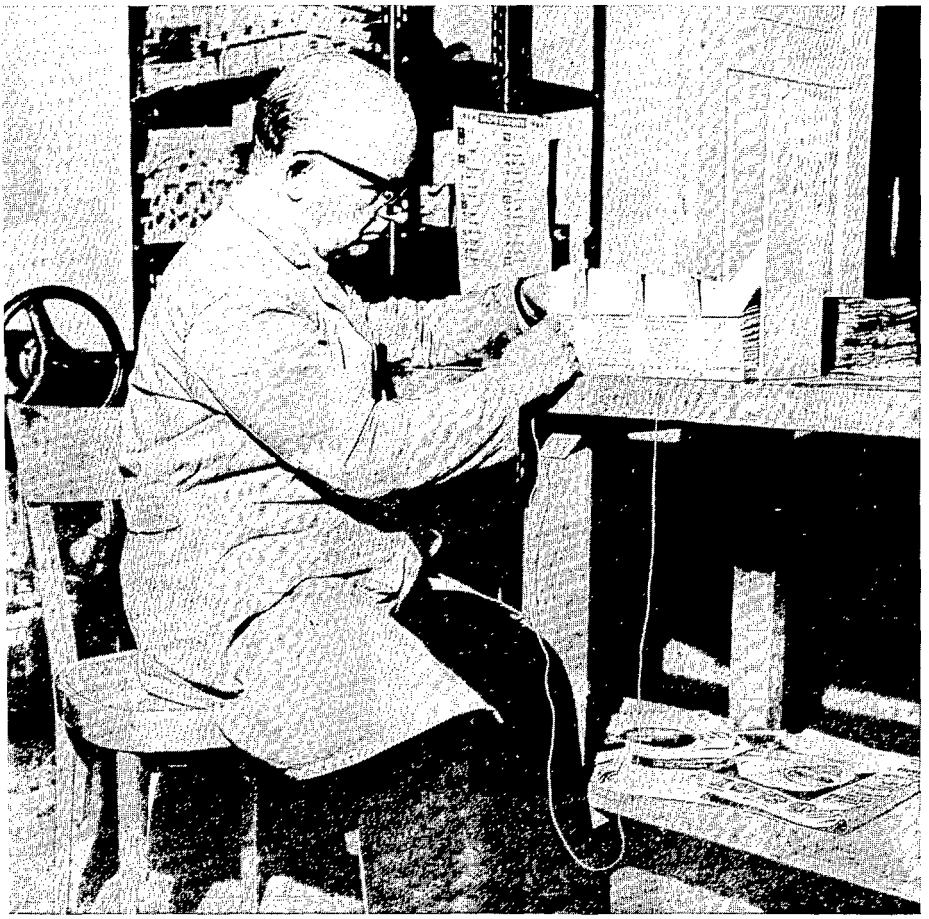




Procédé Hennecke. Machine K42 à laminer.
Photo Bundesarchiv, République fédérale d'Allemagne.

Laminateur hydraulique à plat.
Photo U. S. National Archives, Washington.





Cousage de rubans ou de bandes de cuir.
Photo Archives d'État, Florence.

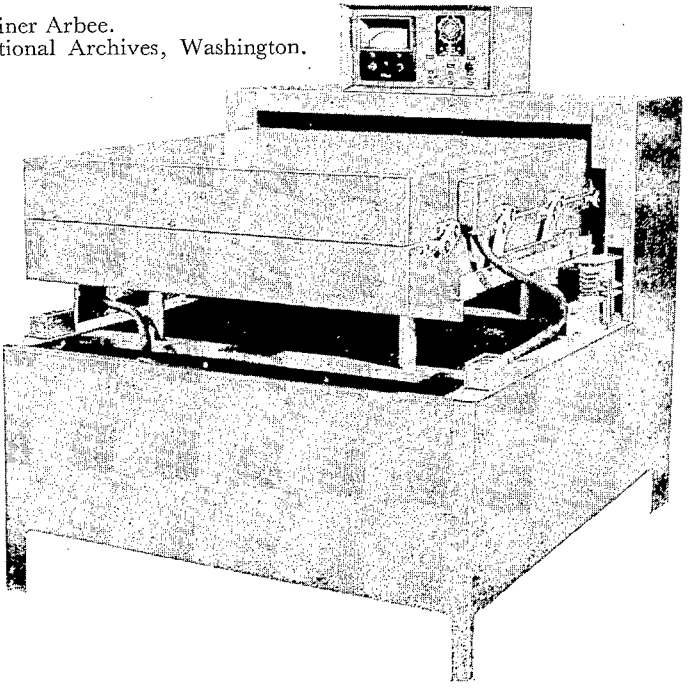
Exécution de la dorure d'un volume relié.
Photo Archives nationales, Paris.

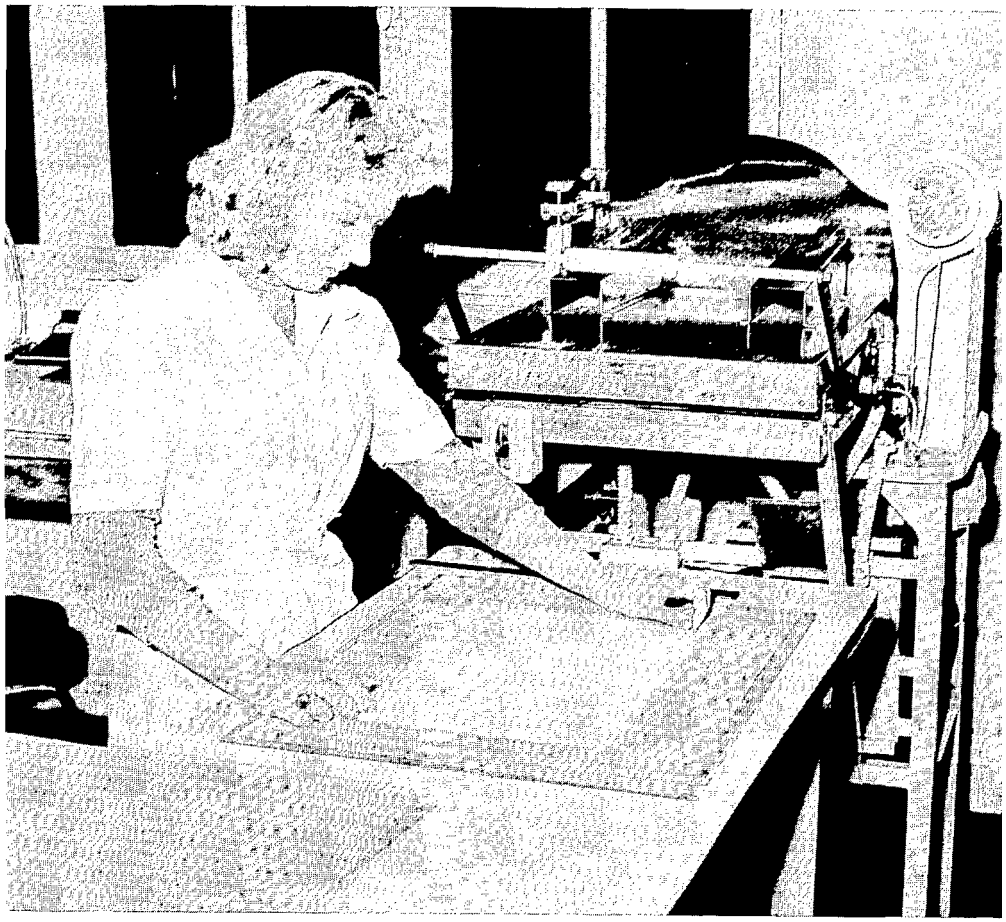
Atelier de reliure. *Photo* Archives nationales, Paris.

L'auteur assure une formation dans la technique de lamination par solvant. *Photo* Archives d'État, Florence.

Machines à laminer Masino-Impex.
Photo Archives d'État, Florence.

Machine à laminer Arbee.
Photo U. S. National Archives, Washington.





Préparation d'une liasse avant lamination. Machine à laminer Barrow.
Photo Archives nationales, Paris.

sous presse pendant toute une nuit. Par la suite les documents sont rognés comme dans le cas de la réparation au papier de soie.

La lamination des plans et des cartes est réalisée comme la lamination des documents. Toutefois les plans et les cartes sont renforcés au verso au moyen de toile et, sur le recto, on applique simplement une feuille d'acétate de cellulose sans papier de soie. Le sandwich ou la liasse est alors constitué comme suit: deux feuilles d'acétate de cellulose – plan ou carte – deux feuilles d'acétate de cellulose – toile.

Pour la lamination, les deux variables, température et pression, sont légèrement supérieures, soit 150 à 155 °C et 25 à 40 kg/cm².

La différence entre les deux techniques réside dans le mode d'adhérence du papier de soie dans le document laminé (comme il a été dit plus haut) et dans l'emploi des équipements qui peuvent être comparés comme suit:

Presse rotative	Presse à plat
La presse se compose d'un four chauffant et de rouleaux cylindriques de pression. Le sandwich, ou la liasse, est soumis à la chaleur tandis qu'il est étalé à plat dans le four, puis soumis à la pression tandis qu'il passe entre les rouleaux. Le document est ensuite refroidi par exposition à l'air.	La presse se compose de platines chauffées à la vapeur et refroidies à l'eau et qui sont mises en contact par pression hydraulique. Le sandwich, ou la liasse, est placé entre les platines, puis la chaleur et la pression sont appliquées en même temps. Les documents sont ensuite refroidis sous pression par circulation d'eau dans les platines.
Le document est soumis à une chaleur plus forte dans la presse rotative que dans la presse à plat, mais pour un temps plus court.	Les contrôles de température et de pression sont plus précis avec la presse à plat qu'avec la presse rotative.
Un seul sandwich, ou liasse, peut être traité à la fois.	Deux sandwiches, ou liasses, peuvent être traités à chaque ouverture de la presse.

Le coût de ces deux équipements est relativement élevé et, de ce fait, dépasse les moyens des petits services d'archives. Les archives qui ont mis en service le procédé de presse hydraulique

à plat sont les Archives nationales de Washington et de New Delhi, tandis que la presse rotative est employée aux États-Unis, à Porto Rico, en France, en Belgique, en Pologne, en Italie et au British Museum à Londres. Un nouveau modèle de laminateur rotatif, fabriqué sur commande par l'Arbee Co. de New Jersey, a été récemment installé aux Archives nationales de Washington et dans quelques centres des États-Unis. Il est relativement moins coûteux que les deux autres machines. Il existe également une autre machine à laminer, le laminateur Masino-Impex fabriqué à Zagreb (Yougoslavie). Elle n'utilise pas de feuille d'acétate de cellulose, mais deux autres types de matériaux le Moviphan et le polymétacrylate. A Zagreb, on a constaté que la pellicule de polyéthylène donnait de meilleurs résultats. Des expériences ont montré qu'il était possible de délaminer ces documents sans aucun risque en utilisant du Décalin ou du benzène.

En dehors du coût élevé de ces machines, la grande chaleur requise, environ 150 °C, est considérée comme un inconvénient. L'accélération apportée par ce procédé n'a pas non plus beaucoup de portée; en effet, tous les stades – excepté le chauffage et la mise sous pression dans la presse – demeurent manuels, à savoir: la préparation des matériaux pour l'alimentation de la presse, l'extraction du document renforcé par la lamination, la mise sous presse des feuillets restaurés et, finalement, le rognage des marges.

AUTRES TECHNIQUES DE LAMINATION

Il existe bien d'autres systèmes de scellement à chaud qui peuvent être adoptés pour l'usage archivistique. Ils ont été mis au point pour réduire le coût élevé de l'appareillage et aussi la haute température requise pour la lamination. Tous utilisent des feuilles plastiques revêtues d'adhésif. Ceux qui méritent d'être mentionnés sont les procédés Morane, Mipofolie, Genotherm, Hennecke, Postlip Duplex et Dispro.

Procédé Morane

Il a été mis au point par la Morane Plastic, Ltd., à Ashford, Middlesex, (Royaume-Uni). Le document est laminé soit avec

une feuille de diacétate de cellulose pour obtenir un fini brillant, soit avec une feuille de triacétate de cellulose pour obtenir un fini mat.

On place le document entre deux feuilles de plastique choisies suivant le fini désiré, brillant ou mat, dans une presse chauffée à 80 °C et l'on applique une légère pression. On peut utiliser pour cela soit une presse de montage à sec de photographe, soit un fer électrique de ménage ordinaire chauffé à la température requise.

Le principal mérite de cette technique est que la température est beaucoup plus basse et que l'équipement est bon marché. Toutefois, ce procédé n'est pas bien adapté aux travaux importants, car la presse n'est pas automatique. En outre, il n'est pas adapté non plus aux conditions des pays tropicaux. De plus, la résine utilisée sur la feuille plastique a tendance à changer de couleur avec le temps.

Procédé Mipofolie

On utilise une feuille de chlorure de polyvinyle qui a reçu une couche d'adhésif sur un seul côté. Le document est placé entre deux feuilles de ce matériau et pressé manuellement, à la température ambiante, dans une presse. Ce procédé a été très largement utilisé pour la lamination de cartes dans l'armée allemande pendant la deuxième guerre mondiale. Il a été utilisé pour les documents d'archives à Munich, Düsseldorf, et Oldenberg en République fédérale d'Allemagne. L'adhésif utilisé et l'emploi de chlorure de polyvinyle, qui ne convient pas du tout pour les documents d'archives, sont les deux inconvénients de ce procédé.

Procédé Genotherm

Une feuille de chlorure de polyvinyle est utilisée pour la lamination par chauffage à 70 °C dans une presse appelée Eichner Thermofilmer. Entièrement automatique, cette machine peut recevoir des documents de 30 cm de large au maximum. Ce procédé est utile pour les grands documents et les journaux, mais non pour les documents d'archives, car le chlorure de polyvinyle ne convient pas à ce type de documents.

Procédé Hennecke

Il repose sur l'emploi d'une feuille d'acétate de cellulose fabriquée par les usines Lonza, de Weil (République fédérale d'Allemagne), sous la marque Ultraphan HK, qui est appliquée à une température d'environ 80 °C pendant 20 secondes sous une pression de 30 kg/cm². La machine utilisée est la Kaschier Maschine type K42, fabriquée par la maison Carl Hennecke, à Birlinghoven/Siegkreis (République fédérale d'Allemagne). Il s'agit d'une machine rotative qui coûte environ 5 000 marks et qui peut laminer les documents en continu à une vitesse de 1 à 2,5 mètres par minute, ce qui correspond à 1 500-3 000 feuilles par jour.

La feuille d'acétate de cellulose correspond aux spécifications du National Bureau of Standards. Pour les travaux d'archives, il existe une feuille spéciale mate qui évite les reflets pouvant gêner les lecteurs ou la prise de photographies.

Ce procédé a été utilisé aux Archives fédérales de Coblence, ainsi qu'à La Haye, Düsseldorf et Marbourg. Malheureusement, la maison Carl Hennecke a cessé la fabrication de cette machine, mais elle est prête à en reprendre la fabrication si la demande est suffisante. Les Archives fédérales de Coblence sont très satisfaites de ce procédé; les documents qui sortent de la machine sont parfaitement laminés et ont un aspect très net. L'opération peut d'autre part s'effectuer dans n'importe quel type de presse à plat pouvant mettre en œuvre la température et la pression requises.

Ce procédé accélère certainement la restauration des documents d'archives et permet de traiter une quantité considérable de documents qui doivent être protégés avec le maximum de rapidité et de sécurité contre toute détérioration ultérieure.

Procédé Postlip Duplex

Ce procédé a été mis au point par Langwell et expérimenté au Public Record Office de Londres. Selon une enquête effectuée par la Société des archivistes du Royaume-Uni, 21 dépôts d'archives de ce pays l'utilisent actuellement. Pour la lamination des documents, on emploie un papier de soie spécial résistant et fibreux – papier alpha-cellulose de 15 g/m² – imprégné d'un

adhésif à base d'acétate de polyvinyle et d'acétate de magnésium chimique neutralisant les acides. Ce papier de soie est appliqué sur le document à une température de 85 °C et une pression de 9 kg/cm^2. Une presse de photographe pour montage à sec (mécanisme à vis) convient pour traiter les documents. En raison de l'incorporation d'un accepteur acide, l'acétate de magnésium, ce procédé permettrait de réaliser la désacidification et la lamination en une seule opération. Dans son ouvrage sur la désacidification, Smith a déclaré que l'acétate de magnésium libère de l'acide acétique qui assure la neutralisation et que la valeur du *p*H passe graduellement de *p*H = 8 à *p*H = 6. Les documents traités à l'acétate de magnésium foncent après la lamination; ce phénomène peut s'aggraver dans les pays tropicaux; c'est pourquoi le procédé ne peut être adopté dans ces pays.

La lamination avec le papier Postlip peut s'effectuer à la température ambiante. Le document et les feuilles de papier de soie sont placés dans une presse à plat et l'on maintient la pression maximale pendant 5 minutes environ. On le retire de la presse et on le frotte légèrement avec un tampon d'ouate imbibé d'un solvant (acétone, alcool méthylique, alcool isopropylique ou trichloréthylène). Le papier Duplex a tendance à retenir un peu de solvant et il faut donc le laisser sécher quelque temps avant le cousage ou la reliure. On a constaté que les feuillets réparés au moyen de ce procédé se collent ou s'accrochent les uns aux autres. On peut facilement remédier à cette difficulté en les frottant avec de la craie avant la reliure ou le rangement. Le papier Postlip Duplex a été remplacé récemment par un papier du type « glassine » dont une face a reçu une couche d'adhésif à base d'acétate de polyvinyle contenant de l'acétate de magnésium. On applique ce papier dans une presse de photographe pour montage à sec; il n'y a aucun risque d'accrochage des feuillets. Il existe également un matériau analogue pour la lamination, mais sans acétate de magnésium.

Procédé Dispro

Une machine utilisant le papier Dispro renforcé au moyen d'un adhésif (une résine à base d'acrylate) a été installée au British Museum de Londres pour la lamination des livres. L'opération s'effectue à froid sous pression. Deux types de machine

Ronosealer sont disponibles, l'une pour la lamination manuelle, l'autre pour la lamination automatique. Le British Museum a signalé que ce papier donne un fini satisfaisant et que des documents de 20 pouces (50 cm) de large au maximum peuvent être traités dans cette machine. Elle coûte environ 200 dollars, ce qui est assez bon marché; malheureusement la machine Ronosealer n'est plus fabriquée.

D'autres procédés viennent s'ajouter à ceux que nous venons de décrire. Par exemple, une presse hydraulique spéciale a été conçue par Ruggiero pour la lamination des imprimés, des documents et du parchemin; elle est utilisée à l'Istituto di Patologia del Libro de Rome depuis 1954 et le matériau employé est le chlorure de polyvinyle ou l'acétate de cellulose. En URSS, le Laboratoire de préservation et de restauration des documents a mis au point une machine à laminer à pression hydraulique semblable à celle qui fonctionne à Zagreb pour le scellement à chaud des documents à l'aide d'une feuille de polyéthylène. L'opération s'effectue à une température de 100 à 115 °C et une pression de 4,5 kg/cm²; il faut de 30 secondes à 1 minute pour laminer un document. Des recherches entreprises à Zagreb ont montré que la délamination de documents laminés au polyéthylène ne présentait aucune difficulté.

Le tableau ci-dessous indique le mode d'adhérence et le type de pellicules plastiques utilisées dans les divers procédés de lamination en usage ou en cours de mise au point.

Méthode	Nature de la pellicule plastique	Mode d'adhérence
1. Lamination par presse hydraulique à plat (ÉUA)	Feuilles d'acétate de cellulose	Chaleur: 140-150 °C Pression: 22-36 kg/cm²
2. Masino-Impex Type presse à plat (Yougoslavie)	*a)* Noviphan (métacrylate); *b)* Polyméthacrylate ou acétate de cellulose	Chaleur
3. Lamination par presse hydraulique à plat (URSS)	Polyéthylène	Chaleur: 110-145 °C Pression: 4,5 kg/cm²

Méthode	Nature de la pellicule plastique	Mode d'adhérence
4. Lamination par presse hydraulique à plat (Italie)	*a)* Acétate de cellulose *b)* Chlorure de polyvinyle	Chaleur: 80 °C Pression: 30 kg/cm² Chaleur: 140-150 °C Pression: 25-35 kg/cm²
5. Lamination par presse rotative (Barrow)	Acétate de cellulose	Chaleur: 140-160 °C Pression: 25-40 kg/cm²
6. Lamination par presse rotative (Arbee and Co.)	Acétate de cellulose	Chaleur: 140-150 °C Pression: 22-36 kg/cm²
7. Lamination par presse rotative (Kaschier Maschine)	Acétate de cellulose avec adhésif	Chaleur: 80 °C Pression: 30 kg/cm²
8. Lamination par presse rotative automatique (*Genotherm*)	Chlorure de polyvinyle avec adhésif	Chaleur: 70 °C Pression: 4,5 kg/cm²
9. Presse de montage photographique (Morane)	*a)* Diacétate de cellulose avec adhésif *b)* Triacétate de cellulose avec adhésif	Chaleur: 80 °C Légère pression Chaleur: 80 °C Légère pression
10. Presse de montage photographique (Mipofolie)	Chlorure de polyvinyle avec adhésif	Chaleur: température ambiante Pression: 6 kg/cm²
11. Presse de montage photographique (Postlip)	Papier de soie fibreux résistant avec adhésif à base d'acétate de polyvinyle et acétate de magnésium (accepteur acide)	Chaleur: 85 °C Pression: 9 kg/cm²
12. Lamination par presse rotative (Dispro)	Papier de soie Adhésif: résine à base d'acrylate	A froid Pression: 9 kg/cm²

LAMINATION PAR SOLVANT

Les procédés de lamination décrits ci-dessus nécessitent l'emploi d'équipements relativement coûteux qui dépassent les moyens des petits services d'archives et ateliers de réparation. En outre, certains services d'archives hésitent à utiliser des températures et des pressions élevées pour restaurer leurs documents. Ils peuvent utiliser la méthode manuelle de lamination qui fait appel à un solvant organique pour ramollir la pellicule plastique. Ce procédé a été mis au point aux Archives nationales de New Delhi et il est plus connu sous le nom de « procédé indien » de lamination.

C'est un procédé simple, bon marché et efficace, de restauration de documents cassants et fragiles. On prépare une liasse comprenant le document, deux feuilles d'acétate de cellulose et deux feuilles de papier de soie. Sur cette liasse, on applique de l'acétone au moyen d'un linge non effiloché, en commençant par le centre et en rayonnant vers les bords. L'opération est répétée de l'autre côté, puis la liasse est placée dans une presse ordinaire de relieur. Ce procédé peut être adopté par les grands et les petits ateliers de réparation d'archives sans difficulté, et, comme les procédés classiques, il permet de traiter isolément les documents. Tous les types de papier, quelle que soit leur épaisseur, peuvent être restaurés de cette façon. Au lieu de papier de soie, on peut utiliser de la gaze de soie.

La technique est simple. On commence par découper tous les matériaux de renfort au format requis, puis l'acétone est appliquée comme il est indiqué ci-dessous.

Le document à restaurer est mis en sandwich comme suit: papier de soie ou gaze de soie – feuille d'acétate de cellulose – document – feuille d'acétate de cellulose – papier de soie ou gaze de soie.

La liasse est placée sur une table recouverte d'une plaque de verre et on aplanit sa surface. On applique abondamment (mais pas trop abondamment) de l'acétone au moyen d'ouate (ou de linge non effiloché) qu'on a trempé dedans, sur le côté de la liasse qui fait face à l'opérateur, lentement et uniformément, mais en exerçant une légère pression en rayonnant du centre vers les bords. L'acétone imprègne la feuille d'acétate de cellulose et lui donne une consistance gélatineuse. On applique alors de l'acétone au moyen du même tampon, maintenant débarrassé de l'excès d'acé-

tone, en agissant rapidement et en exerçant une pression légèrement supérieure sur toute la surface du document. Toute cette opération prend de 15 à 20 secondes. La liasse est soulevée et retournée sens dessus dessous, et l'on traite l'autre côté de la même manière. On laisse sécher le document pendant 5 secondes et on le lisse avec la paume de la main pour chasser les bulles d'air et permettre au papier de soie d'adhérer convenablement à la surface du document.

Le document ainsi renforcé est alors enlevé de la plaque de verre. Il peut arriver qu'il s'y trouve collé. Cela n'a pas d'importance et montre simplement qu'on a appliqué un peu trop d'acétone. Dans ce cas, le document devra être détaché de la plaque de verre en partant d'un bord pour aller vers l'autre.

Le document ainsi laminé est alors placé entre deux feuilles de papier paraffiné et mis sous pression dans une presse de relieur afin d'obtenir une surface plane et pour faire disparaître tous les plis ou bulles d'air qui auraient pu se former au cours des opérations.

Ce procédé ne nécessite ni température et pression élevées, ni équipement coûteux. Il représente en même temps une amélioration par rapport aux procédés classiques de renforcement. Il donne une meilleure lisibilité, n'augmente pas les risques d'attaque par les insectes, et il ne donne pas une surépaisseur excessive au document. Il convient aux documents écrits avec des encres et des couleurs solubles dans l'eau, les copies carbone et les documents portants des sceaux. Il permet aussi la reconstitution de documents en lambeaux et toutes les formes de restauration, à savoir: le montage à plat, le montage sur onglets et le renforcement sur un seul ou sur les deux côtés à la fois, et il s'applique à tous les types de papier. A toutes ces possibilités d'application s'ajoute le fait que le document traité est beaucoup plus léger que s'il était laminé à la machine; en effet, seule reste sur le document la quantité minimale d'acétate de cellulose nécessaire pour assurer l'adhérence du document au papier de soie, tandis que, dans les documents laminés à la machine, la totalité de la feuille d'acétate de cellulose adhère au document. Autrement dit, un volume relié de documents restaurés par lamination par solvant est beaucoup plus léger qu'un volume du même format et du même type restauré par lamination à la machine. En outre, ce procédé a tous les avantages des procédés de lamination à chaud et il n'exige

pourtant aucun équipement coûteux. Il suffit simplement de disposer de l'équipement et des matériaux suivants: une table recouverte d'une plaque de verre, de la pellicule d'acétate de cellulose, du papier de soie ou de la gaze de soie, de l'acétone et de l'ouate.

Le procédé à été expérimenté à New Delhi et dans d'autres pays. Selon Gear, des Archives nationales de Washington, les données tirées des essais physiques indiquent que la lamination manuelle peut être substituée à la lamination mécanique ou à la restauration à la gaze de soie. Le procédé peut être avantageusement utilisé pour restaurer des documents portant des sceaux de cire. L'utilité de la méthode ne connaîtra d'autres limites que celles de l'habileté de l'opérateur.

Wilson et Forshee, du National Bureau of Standards, font remarquer que la technique par solvant se compare favorablement avec la méthode mécanique utilisant chaleur et pression et qu'elle devait être attrayante pour un restaurateur qui ne pourrait justifier l'achat d'un appareillage de lamination.

Selon Plenderleith, la méthode est simple à mettre en œuvre, car elle ne nécessite aucun appareil et le document n'est soumis à aucune chaleur ou pression. Papritz fait observer que les chiffres indiqués par Kathpalia et Gear montrent que les documents laminés à la main par la méthode indienne se plient plus facilement que ceux qui sont traités par scellement à chaud. Il semble donc que la lamination servant à la restauration des documents d'archives isolés soit ici résolue d'une manière qui sera bientôt adoptée par tous les services d'archives du monde.

Le procédé a prouvé son utilité depuis 1953; il a été adopté par de nombreux services d'archives dans le monde, aux États-Unis, en Europe, en Asie et en Afrique.

Il faut toutefois prendre certaines précautions pour restaurer les documents selon cette technique. On devra s'assurer qu'on ne fume pas dans la pièce, et qu'il y a une circulation d'air convenable et que les vapeurs d'acétone sont aspirées vers l'extérieur au moyen d'extracteurs d'air.

Il n'y a pas de danger d'intoxication et l'acétone ne fait courir aucun danger aux opérateurs qui l'emploient dans des pièces qui sont bien ventilées. L'acétone est très largement utilisée dans l'industrie et dans les laboratoires et aucun cas d'indisposition dû à l'utilisation de ce produit n'a été signalé. Toutefois, les personnes qui ont la peau sensible doivent porter des gants de

chirurgien lorsqu'elles appliquent l'acétone avec un tampon de coton.

Au cours des vingt-cinq dernières années des progrès significatifs ont été réalisés en ce qui concerne les procédés de restauration. Deux faits sont évidents : *a)* le chlorure de polyvinyle ne doit pas être utilisé pour la restauration de documents ayant valeur d'archives; *b)* la lamination avec la feuille d'acétate de cellulose est une méthode sûre de restauration des documents (le procédé indien de lamination par solvant a prouvé sa valeur en tant que méthode de lamination de documents qui ne peuvent être soumis ni à la pression ni à la température); *c)* la feuille de polyéthylène utilisée pour la restauration peut être délaminée; elle convient mieux à la lamination que la feuille d'acétate de cellulose.

La restauration est une technique exigeante. Elle est compliquée par l'existence sur le marché de nombreux produits créés par l'esprit inventif de l'homme et dont on prétend qu'ils sont efficaces et dépourvus d'effet nocif pour le papier, mais qui, la plupart du temps, font à la longue plus de mal que de bien aux documents. Le seul moyen de sortir de cette confusion est de faire pratiquer par des chimistes des recherches analogues à celles faites par le Bureau of Standards américain et par l'Archiveschule de Marbourg sur la conservation des documents après lamination.

Reliures

Lorsqu'il est nécessaire de relier des documents qui ont été renforcés par l'une ou l'autre des méthodes exposées en détail dans les chapitres précédents, on utilise les procédés ordinaires de reliure en leur apportant de temps à autre quelques modifications mineures qui ont néanmoins leur importance. Toutes les opérations, à savoir assemblage des cahiers, pose des onglets, cousage, endossage et confection des dos, fixation des cartons et de la couverture, etc., s'effectuent à la main. Pour ce travail, seuls les meilleurs matériaux sont utilisés (fil, ruban, carton et cuir). L'accent est mis sur la durabilité et la permanence de la reliure, qui a essentiellement pour objet d'assurer la conservation des documents. Il est donc indispensable que l'exécution soit parfaite.

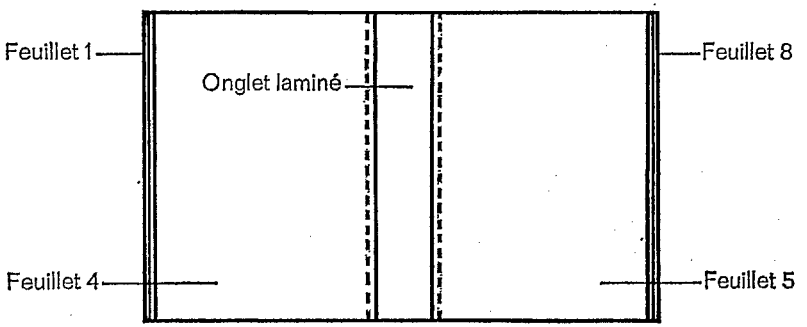


FIG. 8. Disposition des feuillets en escalier.

Les documents isolés qui ont été réparés sont collationnés puis assemblés en cahiers au moyen d'onglets. Un cahier a généralement 8 feuillets; il peut en avoir 12 ou 16. Pour le montage sur onglets, on prend les deux cahiers les plus grands de la série et l'on trace une ligne sur la table de travail. Cette ligne a deux fois la largeur plus 5 cm pour l'onglet. On découpe ensuite des onglets de 8 cm de large et légèrement plus longs que les cahiers. Pour le montage sur onglets de volumes d'archives, on doit utiliser du papier fabriqué à la main; le papier pour titres (pur chiffon) peut également être utilisé, mais il n'est pas aussi durable que le papier fabriqué à la main de bonne qualité. Si l'on utilise du papier pour titres, le grain du papier de l'onglet doit être orienté dans la même direction que celui des cahiers.

Chaque cahier de 8 feuillets est réuni au moyen de l'onglet en plaçant les feuillets sur la table de travail de telle sorte que la page 1 soit réunie à la page 8, la page 2 à la page 7, la page 3 à la page 6 et la page 4 à la page 5, et chacun des cahiers est placé l'un au-dessus de l'autre en formant des marches d'escalier comme l'indique la figure 8.

La largeur de l'onglet va en diminuant légèrement pour permettre un pliage régulier des cahiers, faute de quoi le cahier intérieur fera saillie à l'extérieur. Le cahier suivant, composé de 8 feuillets, est monté sur onglet de la même manière, et ainsi de suite.

S'il est bien exécuté, le montage sur onglets:

1. Permet le cousage d'un volume sur du papier neuf, c'est-à-dire sur les onglets, et protège le papier d'origine, peu résistant,

des tensions produites par le cousage, et donc, des risques de déchirure lorsque le volume est manipulé.
2. Fait ressortir le texte écrit dans la marge, ce qui permet une manipulation facile des cahiers reliés et un déchiffrement aisé des textes écrits en marge.
3. Facilite le microfilmage des volumes reliés.
4. Permet de constituer un volume compact.

Les feuilles de format inégal peuvent être assemblées en cahiers de format uniforme, à des fins de reliure.

Dans certains centres d'archives, on colle une bande de papier de soie de 20 mm de large sur les plis des feuillets formant un cahier intérieur, cette bande de papier est collée à l'intérieur des plis, tandis que dans le cahier extérieur cette bande est collée à l'extérieur. A la suite du montage sur onglets, l'épaisseur du cahier à l'endroit où l'onglet a été fixé au document est plus forte qu'au dos, c'est-à-dire là où se trouve l'onglet plié. Pour obtenir une épaisseur uniforme, des bandes de papier de 4 à 5 cm de large, c'est-à-dire d'une largeur légèrement inférieure à celle de l'onglet, sont pliées et placées dans la pliure de chaque cahier. Ces bandes de papier, appelées les fonds, sont placées à l'intérieur de chaque cahier et non sur le bord extérieur. Cette opération terminée, les cahiers sont pressés dans une presse à percussion pour faire disparaître la surépaisseur du dos. Ensuite, on rogne la partie de l'onglet qui dépasse de la tranche inférieure et le volume est cousu sur des rubans. Il s'agit d'un cousage souple sur toute la longueur des cahiers, c'est-à-dire que le fil passe par les plis intérieur de chaque cahier. Cela a pour but de permettre l'ouverture du volume. Lorsque les cahiers ont été cousus, des fausses gardes, découpées en général dans du papier fait à la main, mais plus épaisses que le papier du volume, sont préparées et cousues comme les cahiers.

On arrondit alors le dos du volume et on y fixe la toile. On découpe les cartons qui sont ensuite fixés sur des rubans, puis couverts. Les volumes contenant des documents laminés n'ont qu'une demi-reliure à dos brisé. Dans d'autres volumes le cuir est fixé directement sur le dos, c'est-à-dire qu'ils ont des dos pleins.

Les travaux de reliure sont effectués conformément aux spécifications en vigueur dans presque tous les pays, pour la reliure à la main catégorie A.

7 Problèmes spéciaux concernant la restauration des documents

La restauration des cartes et des plans, des documents carbonisés ou imprégnés d'eau, ainsi que du parchemin et du vélin, de l'écorce de bouleau, des feuilles de palmier et des sceaux de cire, pose des problèmes spéciaux. Non seulement elle nécessite une attention minutieuse et un traitement spécifique pour arrêter la détérioration, mais en outre, elle exige de la part du restaurateur de l'ingéniosité, de la dextérité, de l'expérience et de la patience.

Cartes et plans

Le format des cartes est variable et elles sont fixées sur différents types de support, tels que le papier et la toile à calquer. Elles représentent un travail de précision. La plupart des cartes sont des documents assez grands et elles sont soumises à des manipulations plus sévères que les papiers ordinaires. Pour y résister, elles sont exécutées sur du papier ou de la toile d'une qualité excellente. C'est pourquoi la méthode qu'on choisira pour les restaurer devra les renforcer suffisamment pour qu'elles supportent l'usure normale. En outre, elle ne devra provoquer aucune déformation dans le support.

MONTAGE

Le procédé de renforcement qui a fait ses preuves est le montage, qui est toujours utilisé. D'autres procédés, tels que la lamination, mécanique et par solvant, mis au point pour la restauration du

papier, peuvent être et ont été utilisés en toute sécurité pour la restauration des cartes.

Le montage sur toile prolonge la durée des cartes et leur confère une résistance qui permet d'arrêter la détérioration. On doit réaliser le montage à plat de toutes les cartes qui valent la peine d'être protégées, telles que les cartes sur papier mince ou de mauvaise qualité, les cartes déchirées qui sont irremplaçables et celles qui sont soumises à un usage intense ou sont consultées fréquemment. Toutefois, chaque carte, en raison de la variété des problèmes, pose un défi à l'habileté et à l'ingéniosité du restaurateur. Si le travail est bien exécuté, il n'y a pratiquement pas de déformation dans le support. Toutes les grandes cartes qui doivent être conservées pliées doivent d'abord être découpées en sections, puis montées à plat. Le montage à plat est une opération coûteuse et longue, surtout lorsque les cartes sont fragiles et en lambeaux. Il est donc préférable, pour des raisons d'économie, de monter les cartes importantes et rares alors qu'elles sont encore en une seule pièce plutôt que d'attendre qu'elles soient déchirées ou en lambeaux.

CARTES SUR PAPIER

Les cartes fixées sur papier sont montées sur du tissu tel que mousseline, percale fine ou lin. Pour renforcer la carte, une toile d'un format légèrement supérieur à celui de la carte est tendue au moyen de punaises sur une table. La surface de celle-ci doit être lisse; elle peut être recouverte de linoléum ou d'une feuille de caoutchouc souple. Si on ne dispose pas de ces matériaux, la toile doit être tendue sur toute surface dure, telle qu'un plancher, recouvert au préalable de papiers buvards sur lesquels sont posés des papiers paraffinés.

On nettoie la carte et, si les couleurs sont solides, on l'humecte avec de l'eau au moyen d'une éponge. On enlève ensuite toutes traces de réparation antérieure ainsi que les matériaux utilisés à cet effet. La carte est ensuite aplanie et posée sur le papier paraffiné du côté recto. De la colle fraîche (voir annexe 3), à laquelle on ajoute de la glycérine, et un fongicide (Topane) sont appliqués sur le verso. Le côté qui a reçu la colle est alors appliqué sur la toile et lissé très soigneusement, d'abord à la main, puis en frottant avec un morceau de toile, puis un plioir en os en commen-

çant par le centre et en rayonnant vers les bords. Si la carte est fragile, on applique la colle sur la toile et tous les fragments sont mis en place avec précaution. On recouvre alors la toile avec le papier paraffiné et l'on exerce une pression sur le côté face à l'opérateur pour assurer une bonne adhérence avec la toile et pour refouler tous les plis ou les bulles d'air qui auraient pu se former. On laisse sécher, puis on coupe la toile en excès en laissant une marge sur toute la périphérie et l'on replie la bordure avec une règle à araser. S'il existe un texte écrit au verso de la carte, on renforce cette partie avec de la gaze de soie et de la colle. On la recouvre ensuite d'un papier paraffiné, coupé à la dimension du texte écrit, avant de monter la carte sur la toile. Après le montage, lorsque la carte est sèche, la toile qui recouvre le texte écrit est découpée et on retire le papier paraffiné et les bords sont collés.

Les cartes qui doivent être conservées à plat et qui ont le format requis sont montées comme il est décrit ci-dessus. Mais les cartes plus grandes, et qui doivent être conservées pliées, sont découpées en sections, puis montées sur une seule pièce de tissu, en laissant un espace de 2 à 4 mm entre les sections, selon l'épaisseur du papier sur lequel la carte a été imprimée et selon le nombre de plis nécessaires pour qu'elle soit conservée à plat. Si la carte est très grande, les sections peuvent être montées sur des pièces de tissu séparées. Ces pièces sont ensuite attachées les unes aux autres au moyen d'adhésif à base d'alcool polyvinylique et de bandes de toile de 5 à 7 cm de large, en laissant une marge de 5 à 7 cm entre les attaches.

Il est préférable d'éviter de croiser les plis d'une carte, car ce type de pliage provoque en général une rupture au point faible, c'est-à-dire là où les deux plis se rejoignent. Les cartes à un seul pli durent très longtemps.

Il faut prendre soin de coller la carte sur la toile de telle sorte que le grain du papier et le « grain » de la toile (fil de chaîne) soient orientés dans la même direction. Une telle précaution permet au papier de la carte et à la toile sur laquelle elle est montée de se dilater et de se contracter ensemble. Les cartes montées de cette manière sont conservées à plat; mais les cartes montées en une seule pièce peuvent être roulées, ce qui est le cas dans de nombreux dépôts d'archives.

Il faut aussi prendre des précautions dans la préparation et l'application de la colle. La colle de farine doit être plus épaisse que

de la crème, mais assez liquide pour s'appliquer facilement avec un pinceau. Si elle est trop épaisse, on ajoute un peu d'eau pour l'amener à la consistance voulue. Il est essentiel que la colle ne présente aucun grumeau, car même un grumeau de petite dimension provoque une boursouflure à la surface de la carte. On évite cet inconvénient en passant la colle au tamis avant emploi.

Les cartes imprimées sur du papier de mauvaise qualité, ou déchirées, n'ont pas assez de résistance dans des conditions normales d'utilisation si elles sont montées sur de la toile. Ces cartes sont d'abord renforcées avec du papier (fabriqué à la main) ou tout autre papier de bonne qualité, de telle sorte que les grains du papier de renforcement et du papier de la carte soient orientés dans la même direction. La carte ainsi renforcée est ensuite montée sur toile comme il est expliqué ci-dessus.

Si la surface de la carte (recto) est craquelée ou déchirée, on la recouvre avec de la gaze de soie pour la protéger. Dans ce but, la gaze de soie, coupée au format requis, est appliquée sur la carte et recouverte de colle au moyen d'un pinceau en partant du centre vers les bords. On la recouvre ensuite de papier paraffiné et l'on frotte de haut en bas pour assurer une bonne adhérence. On retire les feuilles de papier paraffiné et on les remplace par de nouvelles feuilles. On laisse sécher la carte sous une légère pression. Lorsqu'elle est sèche, la gaze de soie est rognée en laissant une légère marge, qui est collée et repliée pour former une bordure tout autour de la carte.

LAMINATION

Les cartes qui peuvent être introduites dans la machine à laminer peuvent être réparées selon ce procédé. Elles sont d'abord désacidifiées, séchées puis aplanies. On prépare une liasse de la manière suivante: papiers buvards – Teflon – toile (mousseline, percale ou lin) – pellicule d'acétate de cellulose (deux feuilles) – carte – pellicule d'acétate de cellulose (deux feuilles) si le recto ne doit pas être recouvert de gaze de soie, etc. – gaze de soie (si le recto doit être recouvert) – Teflon – papiers buvards.

Elles sont ensuite laminées comme il est indiqué dans le chapitre 6 (« Restauration »), mais en exerçant une pression un peu plus faible, c'est-à-dire 27 à 40 kg/cm^2. Les bords sont rognés et les

cartes ainsi renforcées sont mises sous presse pour supprimer tout risque de gondolement. Si les cartes sont imprimées ou dessinées recto-verso, la gaze de soie est placée sur le recto et sur le verso alors que, normalement, on place la toile au verso et la gaze de soie au recto.

La lamination ne provoque aucun changement significatif de dimensions ou des déformations dans les cartes. Toutefois, il faut prendre certaines précautions pour que les couleurs ne coulent pas, par exemple en contrôlant la température et la pression. Les plans et les photocopies peuvent également être laminés de la même manière. En ce qui concerne les photocopies, le recto n'est pas recouvert. Seul le dos est renforcé au moyen de toile ou d'une pellicule d'acétate de cellulose.

CARTES ENTOILÉES

Un certain nombre de cartes sur papier ou toile à calquer, ou des photographies de cartes, ont besoin d'être restaurées; elles ne peuvent être renforcées selon le procédé de lamination. Le traitement le plus approprié consiste à les monter sur toile au moyen d'un vernis à l'acétate et au propionate de cellulose, ou d'adhésif à base d'alcool polyvinylique. Les cartes montées sur ces matériaux sont extrêmement sensibles à l'humidité et aux changements d'humidité et exigent un traitement minutieux. Si la toile à calquer est trop mouillée, l'aplanissement au moyen d'un fer électrique provoque la formation de cloques, tandis que les cartes montées sur toile s'étendent et perdent leur fini; ces cartes sont très légèrement humidifiées, puis aplanies au fer à repasser. Toutefois, on ne peut faire complètement disparaître les faux plis provenant de la toile à calquer. C'est pourquoi, après avoir été réparées, ces cartes doivent être conservées à plat et non roulées.

Les cartes roulées sont soumises à des efforts considérables lorsqu'elles sont consultées, puis roulées à nouveau, et l'on doit finalement les aplanir et les protéger par un traitement de surface. On peut utiliser à cette fin un vernis qui donne un aspect brillant à la surface et ne détériore pas le papier. Un autre vernis, constitué par une solution de Bédacryl (métacrylate de méthyle) à 15% dans le benzène, donne une protection et une finition satisfaisantes. Cette formule de vernis ne donne pas une finition brillante à la carte.

On peut obtenir une finition ancienne et mate en appliquant un mélange composé d'une faible quantité de terre d'ombre brûlée (généralement un tiers d'ombre brûlée et deux tiers d'essence de térébenthine) avec un pinceau doux sur la surface vernie et en frottant avec une toile non effilochée. On réserve parfois ce traitement aux cartes décoratives.

Ces vernis protègent la surface des poussières et des souillures mais, si la formule n'est pas bonne, ils ont à la longue un effet nocif sur le papier qui fonce et devient fragile.

Documents carbonisés

Il est rare que l'on se trouve en présence de documents brûlés dans les conditions normales de conservation. Mais il peut arriver, par suite de sabotages ou d'incendies accidentels, que des documents soient fortement carbonisés ou partiellement brûlés. Pour sauver ces documents on sépare avec précaution les feuilles avec une spatule, on réunit les fragments qui sont ensuite laminés entre des feuilles d'acétate de cellulose en exerçant une légère pression. Cette opération n'empêche pas la reproduction photographique et, en outre, elle permet la manipulation normale du document ainsi que le déchiffrement du texte.

Lorsqu'il s'agit de livres endommagés par un incendie et dont les couvertures sont carbonisées mais les cartons intacts, la partie endommagée est découpée et on colle une nouvelle couverture sur les cartons. Lorsque les dégâts sont importants, l'ancienne couverture est enlevée et les volumes reçoivent une couverture neuve. Si les bords du volume sont également carbonisés, on découpe la partie endommagée et les feuilles sont fixées sur onglets pour leur donner un format uniforme. Elles sont ensuite collationnées, recousues et reliées à nouveau.

DÉCHIFFREMENT DES DOCUMENTS CARBONISÉS

Pour déchiffrer des documents carbonisés, il est nécessaire de bien comprendre l'effet des flammes et de la chaleur sur l'encre. Les différents types d'encre réagissent de différentes manières. Les encres à base d'aniline sont décomposées et ne laissent

aucune trace sur le papier. En revanche, les encres au carbone et les encres au sulfate de fer et à la noix de galle laissent des résidus suffisants qui permettent de lire les textes après un traitement approprié.

Procédés photographiques

Infrarouges. La reproduction photographique d'un document carbonisé est réalisée au moyen de plaques sensibles aux infrarouges. Le texte apparaît en général en noir sur fond clair. On peut facilement lire le texte.

Méthode Devies. Selon cette méthode, un document carbonisé est placé au contact d'une plaque photographique rapide dans une chambre noire. Au bout de 15 jours, l'image du texte est reproduite sur la plaque qui est impressionnée par le papier et non par l'encre. Si au lieu d'une plaque on utilise un film, l'effet est exactement inverse.

Méthode Cherril. Cette méthode s'utilise pour des documents écrits au moyen d'une encre laissant un résidu métallique sur le papier. Le document carbonisé est placé sur une plaque de verre au fond d'une cuvette photographique contenant une solution aqueuse de nitrate d'argent à 5%. On place une deuxième plaque de verre sur le document. Si la feuille est déformée, ou fragile, elle est isolée du contact de la plaque de verre au moyen de deux baguettes de verre disposées parallèlement aux côtés de la feuille. La cuvette est abritée de la lumière solaire directe. Au bout de 3 heures l'écriture devient visible sous forme d'une image noire sur fond mat. On photographie la feuille lorsqu'elle se trouve encore dans la solution.

En plus des procédés décrits ci-dessus, l'emploi de sulfure d'ammonium, d'un écran polarisant et d'hydrate de chloral a été recommandé dans la littérature.

Documents imprégnés d'eau

Les documents qui ont été en contact avec l'eau pendant des inondations ou des opérations de lutte contre l'incendie doivent être traités aussitôt après, car ils risquent d'être attaqués par les moisissures et de former des blocs compacts en séchant. En effet, la plupart des documents qu'on laisse sécher par masses adhèrent les uns aux autres et sont difficiles à séparer sans dommage. La colle, ramollie par l'eau, soude les pages les unes aux autres et, si on laisse le document sécher dans cet état, il se transforme en un bloc compact.

Les papiers mouillés doivent donc être soigneusement séparés les uns des autres et placés entre des papiers buvards, puis mis sous presse. Lorsqu'ils sont suffisamment secs, on termine le traitement à l'aide d'un fer à repasser.

Les papiers qui ont séché en bloc et sont recouverts de moisissures sont d'abord soumis à une fumigation. Ensuite, on les sépare soigneusement en faisant passer une spatule d'aluminium mince entre les feuilles. Toute trace de moisissure est époussetée au moyen d'un chiffon doux. Les feuilles séparées sont alors humidifiées et aplanies au fer à repasser. Les documents qui ont été attaqués par les moisissures sont renforcés au moyen d'un réencollage ou, s'ils sont en très mauvais état, selon le procédé de lamination afin qu'ils puissent être utilisés et conservés.

Les livres fabriqués avec du papier de bonne qualité supportent plus facilement le contact avec l'eau; néanmoins les pages présentent toujours des plis et des gondolements. Pour faire disparaître les plis, on prend un certain nombre de feuillets sur lesquels on passe une éponge humide et qu'on aplanit ensuite. On intercale entre eux des papiers buvards et on les laisse sécher sous presse. On répète l'opération avec la série suivante de feuillets, jusqu'à ce que l'ensemble du livre ait été traité.

Si un livre a été entièrement imprégné d'eau, il est préférable de le séparer en plusieurs morceaux, d'aplanir les feuillets et de les faire sécher sous presse. Lorsque l'opération est bien exécutée, le seul traitement qui sera probablement nécessaire après le séchage sera le réencollage. Mais si le livre n'a été que légèrement humidifié, on place entre les feuillets du papier buvard et on le met sous un poids. On doit renouveler fréquemment le papier buvard; le premier changement a lieu au bout de

15 minutes, le suivant au bout de 1 heure environ et, si cela est nécessaire, on le renouvelle encore une fois jusqu'à ce que le livre soit sec. Il faut prendre des précautions avec un livre contenant du papier couché, car, au bout d'un certain temps, les feuilles adhèrent les unes aux autres et il devient impossible de les séparer sans les endommager.

Si le nombre des livres ou des documents qui ont été en contact avec l'eau est important, on ne dispose ni du temps nécessaire pour les traiter individuellement ni d'une quantité suffisante de papiers buvards. En général, ils sont placés sur la tranche et ouverts en éventail, puis exposés à un courant d'air à l'extérieur du bâtiment, mais à l'abri de la lumière solaire. On a constaté que des séchoirs électriques et des souffleries d'air chaud étaient très efficaces pour sécher les volumes et les documents humides.

En 1966, on a frôlé la catastrophe à Florence et à Venise où plus de cent mille reliures ont été endommagées. Heureusement, la plupart d'entre elles ont été sauvées au moyen de techniques ingénieuses. A Florence, les volumes placés sur les rayonnages ont été submergés par l'inondation; ayant absorbé de l'eau ils avaient gonflé et fait éclater les rayonnages. Beaucoup étaient tombés dans la boue laissée par les eaux en se retirant et qui atteignait une hauteur d'environ 30 cm. Les documents placés sur près de 6 kilomètres de rayonnages ont été ainsi endommagés. Comme il était impossible de traiter cette énorme quantité de documents par les procédés habituels, de nouvelles techniques ont dû être adoptées.

On a d'abord essayé, à titre expérimental, de traiter les volumes au moyen de jets de vapeur chaude (environ 110 °C). On a pu de cette façon détruire les bactéries provoquant la putréfaction et ouvrir les feuilles des volumes, ce qui a beaucoup facilité le traitement ultérieur par séchage à l'air chaud. Toutefois, cette méthode a dû être abandonnée; on a préféré traiter toute la collection dans des sécheries de tabac en raison de la quantité énorme de volumes que pouvaient contenir ces bâtiments et parce qu'il était urgent de sauver ces volumes et de les protéger des détériorations.

Dans ces sécheries, le lavage et le séchage des volumes ont été effectués par environ cent femmes qui étaient très habiles pour manipuler les feuilles de tabac et, donc, étaient habituées aux

travaux les plus délicats. Les documents ont d'abord été lavés avec des éponges dans de l'eau courante dans une salle bien équipée et bien chauffée. Pendant cette opération, les grands et les petits volumes ont été séparés pour faciliter leur introduction dans des étuves. On a voulu introduire des volumes de la même épaisseur dans l'étuve pour que les feuilles sèchent autant que possible en même temps. A cet effet les volumes ont été placés ouverts dans les étuves; celles-ci sont des salles d'environ 6 mètres de long sur 6 de large et 4 de haut. Les volumes ont été ouverts et disposés sur des châssis de bois spécialement construits ou ils ont été accrochés sur des perches placées côte à côte. Dans l'un et l'autre cas, ils étaient en contact avec du bois. Ces étuves étaient chauffées en faisant passer de la vapeur (provenant d'une chaudière) dans des serpentins. L'air humide était rejeté à l'extérieur au moyen d'extracteurs d'air et de l'air frais était continuellement injecté dans la salle. Par conséquent, seul de l'air chaud et sec circulait dans l'étuve. Le séchage s'est effectué graduellement pendant une période allant de 12 à 14 jours à une température de départ de 30 °C graduellement portée à 40 °C et finalement à 45 °C au cours des deux derniers jours. Puis la température a été ramenée graduellement à 40 °C, 35 °C, et ainsi de suite, jusqu'au refroidissement final qui s'est effectué à 20 °C. En une seule opération, environ 15 000 volumes ont pu traités. Comme il y avait 7 étuves de ce genre les opérations de lavage et de séchage ont pu être menées à bien rapidement.

A Venise, où les dégâts ont été beaucoup moins importants, tous les documents ont été sauvés en les étalant et en les séchant dans tous les lieux imaginables où il existait un courant d'air. Après séchage, les feuillets étaient saupoudrés de talc ordinaire et placées entre des papiers buvards. On a constaté que ces feuillets ainsi traités séchaient régulièrement et ne nécessitaient aucun autre traitement.

Pour de petites quantités de documents imprégnés d'eau, il serait préférable de les saupoudrer avec du talc ordinaire avant de les faire sécher entre des feuilles de papier buvard sous presse. Les livres et les documents humides qui ne peuvent être traités immédiatement peuvent être conservés dans un lieu frais jusqu'au moment du traitement afin de diminuer les risques de dégradation et d'empêcher la croissance des moisissures. Le rangement de documents humides dans une salle munie de chauffage central

ou dans une salle sans ventilation doit être évité, car cela contribue à propager l'humidité et favorise la croissance de moisissures sur le papier et la colle forte ou la colle de pâte.

Lorsqu'à la suite du contact avec l'eau, l'écriture est maculée ou a disparu, elle peut être déchiffrée en la photographiant au moyen de rayons ultraviolets.

Documents sur vélin et parchemin

Les documents sur parchemin et sur vélin présentent un certain nombre de problèmes de manipulation; ils sont plus sensibles que le papier à la chaleur et à l'humidité. Selon l'humidité ou la sécheresse de l'air ambiant, ils s'allongent, se contractent, se couvrent de plis, se gondolent, se déforment ou deviennent rigides et fragiles. Ils sont donc plus difficiles à réparer que les documents dont le support est le papier. Ils exigent beaucoup d'expérience et de pratique de la part de l'opérateur.

FUMIGATION

S'ils sont attaqués par des champignons, les documents sur vélin et parchemin sont stérilisés en les exposant à des vapeurs de thymol dans une chambre de fumigation; les spores détruites sont ensuite enlevées par brossage. Les taches de moisissures sont traitées à l'alcool ou au benzène et les taches d'encre au moyen d'une solution de Chloramine T à 5%.

NETTOYAGE

Le vélin ou le parchemin ancien ont une teinte jaune ou crème; mais certains documents sont devenus si foncés qu'il est difficile de les lire; ils peuvent être blanchis, mais l'opération exige des précautions, car il existe de grands risques que l'encre ou les couleurs soient sensibles aux agents de blanchiment même les plus doux tels que la Chloramine T. On peut laver aussi les documents à l'aide d'une mousse préparée avec un bon savon sans alcali. La peau est ensuite essuyée, mise entre des papiers

buvards et séchée sous une légère pression; on change les buvards de temps à autre. Pendant le séchage, les documents sont tendus à l'aide de poids fixés sur les bords, ou de pinces, ceci pour empêcher le retrait et le gondolement.

Après ce traitement, le vélin et le parchemin se sont légèrement ramollis. Pour éviter qu'ils ne deviennent cassants et durs, on les traite avec une bonne préparation pour cuirs; ce genre de produit contient généralement de l'huile de pied de bœuf et de la lanoline ou un mélange d'essence de cèdre, de cire d'abeille et d'hexane. Ce traitement est facile à appliquer et conserve la peau en bon état. On fait d'abord pénétrer le produit en frottant légèrement, puis on retire l'excès de produit avec un chiffon propre et, enfin, la surface est nettoyée avec un nouveau chiffon doux. Dans certains cas, l'essence de cèdre suffit à elle seule pour nettoyer la peau.

On peut aussi effectuer le nettoyage en utilisant une gomme en caoutchouc souple, de l'alcool et du benzène. L'emploi de solvants organiques pour nettoyer le parchemin n'est pas indiqué, car ils durcissent la peau et la rendent fragile. A Vienne, les documents humidifiés sont déshydratés en les plongeant dans un bain d'acétone ou d'alcool éthylique contenant une légère quantité de lanoline qui se dépose sur la peau, après évaporation du solvant, empêchant la peau de durcir et de devenir cassante. La même technique peut être utilisée pour nettoyer les peaux jaunies ou foncées. Toutefois l'emploi de solvants organiques exige de grandes précautions et le travail doit s'effectuer dans une sorbonne.

APLANISSEMENT

L'aplanissement du parchemin et du vélin est facile, mais c'est en même temps une opération fastidieuse et lente, car ces documents ne peuvent être humidifiés directement en mouillant la surface, l'eau étant fatale pour la couleur et l'adhérence de l'or sur les enluminures.

Si une peau est déformée ou gondolée, ou si elle a été pliée, elle est d'abord humidifiée au moyen de buvards imbibés d'eau ou en la maintenant dans une chambre d'humidification jusqu'à ce qu'elle ait absorbé une quantité d'eau suffisante pour la

rendre souple et pliable. Elle est ensuite tendue sur un métier au moyen de pinces ou de cordes attachées à des poids qui sont fixés de telle sorte que la traction est égale dans toutes les directions. L'humidité absorbée par la peau après son contact avec les buvards humides ou son exposition dans une salle d'humidification, permet un aplanissement régulier. On laisse sécher la peau dans cette situation. A cet effet, on la recouvre de papiers buvards secs sur lesquels on pose une planchette qui maintient une légère pression; il faut en général 24 heures pour que le parchemin soit parfaitement sec. A ce moment-là on retire les pinces et, si le parchemin n'est pas complètement sec, les déformations et le gondolement réapparaissent. Il ne faut jamais soumettre un parchemin à la chaleur pour accélérer le séchage, car, même modérée, elle provoque un retrait permanent qui est considérable.

On peut faire disparaître les faux plis en plaçant les peaux entre des buvards humides soumis à une légère pression pendant une semaine ou deux.

Les vélins ou les parchemins roulés sont recouverts de buvards humides contenant une solution à 0,25% de pentachlorophénol sodique. Lorsque la peau s'est assouplie, on l'étend lentement pour faire disparaître les plis et on la fait sécher en la fixant sur un métier, avec des cordes et des poids. On peut aussi placer le parchemin sur une planche ou une plaque de verre propre et une traction est exercée sur les bords au moyen de plaquettes de plomb. Le séchage suffit à faire disparaître les faux plis, etc.

RÉPARATIONS

Un parchemin ou un vélin très déchiré est réparé après avoir été aplani en le fixant, alors qu'il est encore humide, sur du parchemin neuf. La surface de celui-ci est d'abord rendue rugueuse au moyen d'un papier de verre. Elle est ensuite collée sur un morceau de Térylène (polyester) tendu sur un châssis de bois. On étale la colle sur le côté rugueux et le document est appliquée sur celui-ci et lissé. Si le parchemin est troué, ou s'il en manque une partie, le trou est bouché avec un morceau de parchemin. On prend une pièce légèrement plus grande que le trou à boucher; on amincit les bords de la pièce, qui

sont ensuite passés au papier de verre et collés sur le trou de telle manière que la surface de la pièce rapportée affleure la surface du document. On laisse ensuite sécher le parchemin réparé. Lorsqu'il est sec on le soulève et on le tire pour le séparer du support en Térylène. On le place alors entre des buvards et on le laisse sécher sous une légère pression. La colle utilisée est de la colle de farine contenant une petite quantité de glycérine. La colle doit être épaisse, alors que pour le papier elle doit être liquide.

La réparation du parchemin exige une grande habileté et elle est coûteuse parce qu'on ne doit utiliser que les meilleurs matériaux. Elle est donc limitée aux documents fragiles ou très importants.

Les déchirures dans un parchemin sont réparées en collant les bords après les avoir rapprochés et en les maintenant au contact au moyen de poids jusqu'à ce que la colle soit sèche. La réparation de déchirures et de coupures dans lesquelles les bords ne se chevauchent pas exigent une grande habileté pour remplacer la partie manquante. La technique est analogue à celle utilisée pour boucher les trous dans un parchemin. Dans certains cas, pour de petites réparations, au lieu de colle on utilise de la gélatine à laquelle on ajoute une goutte d'acide acétique cristallisable pour fixer les bords ou les joints. L'acide acétique attaque la peau et permet à la gélatine d'adhérer et de former une liaison solide.

Les encres pâlies d'un parchemin ne peuvent être ravivées par des moyens chimiques sans endommager le document de manière irréversible. Il est préférable d'examiner le document à la lumière ultraviolette et de photographier l'écriture. Le résidu d'encre forme une image sombre et le contraste avec le parchemin est assez prononcé pour que l'écriture soit suffisamment distincte.

Manuscrits sur écorce de bouleau

La plupart de ces manuscrits sont écrits avec des encres au carbone. On les nettoie au moyen d'un tampon de coton imbibé d'acétone en appliquant le solvant sur toute la surface pour enlever la poussière et les matières résineuses. On peut remplacer l'acé-

tone par le tétrachlorure de carbone, mais l'emploi et la manipulation de ce produit exigent des précautions. Dans certains cas ces manuscrits peuvent être nettoyés au moyen d'un mélange en parties égales d'alcool et de glycérine.

Pour séparer les feuilles qui ont adhéré entre elles, on les place dans une salle d'humidification ou on les expose à la vapeur. Lorsqu'elles sont suffisamment humides, on sépare chaque feuille soigneusement au moyen d'une spatule à l'extrémité arrondie. On peut aussi les séparer en les plongeant dans un bain de paraffine liquide à 70-80 °C. Une fois séparées, les feuilles sont nettoyées avec de l'acétone ou du tétrachlorure de carbone, selon les cas; mais cette opération nécessite beaucoup d'habileté. Un tel travail ne peut être entrepris que si l'on dispose des installations nécessaires et d'un personnel spécialisé.

On répare les feuilles si elles sont déchirées ou fragiles. On peut utiliser à cet effet soit de la gaze de soie et de la colle de pâte, soit la technique de lamination par solvant décrite plus haut. Si l'on adopte la première solution, on remplace le papier de soie par la gaze de soie. Une fois renforcées, les feuilles peuvent être montées sur onglets et reliées en volumes.

Manuscrits sur feuilles de palmier

La feuille de palmier a des qualités de conservation satisfaisantes, mais lorsqu'elle est exposée à un climat sec pendant très longtemps, elle se déchire à l'endroit des perforations qui sont pratiquées au centre de la feuille pour laisser passer le fil permettant de les attacher, ou les bords deviennent fragiles, ou elle se dessèche, et tombe en lambeaux. Si elles sont exposées à l'eau de pluie ou si elles sont stockées à l'humidité, certaines feuilles de palmier adhèrent les unes aux autres.

Il existe deux types d'écriture sur une feuille de palmier, l'une au moyen d'encre au carbone et l'autre au moyen d'un stylet. Par suite des manipulations, ou pour d'autres raisons, les inscriptions à l'encre s'effacent ou pâlissent et elles doivent être réencrées pour être lisibles.

Avant d'être restaurées, les feuilles de palmier doivent être nettoyées au moyen d'un mélange de glycérine et d'alcool qui les débarrasse des poussières ou de toute autre matière étrangère

et les assouplit; on peut alors les manipuler sans courir le risque de les briser ou de les endommager. Certaines encres au carbone ont une tendance au maculage. On nettoie ces écritures avec de l'acétone ou du benzène, puis on les fixe au moyen d'une solution à 5% d'acetate de cellulose dans l'acétone.

Les feuilles de palmier qui adhèrent entre elles ou qui forment un bloc compact sont placées dans une chambre d'humidification, puis séparées comme les manuscrits sur écorce de bouleau. Dans certains cas on peut les séparer en les plongeant dans un bain d'eau chaude (60 °C) contenant de 5 à 10 cm^3 de glycérine. On change l'eau toutes les demi-heures. Au bout d'une heure on détache chaque feuille au moyen d'une spatule métallique. Pendant qu'on détache une feuille de la masse, on continue à verser de l'eau entre l'espace compris entre la feuille détachée et le bloc pour faciliter la séparation. On fait sécher les feuilles sur des buvards, puis on les nettoie avec un mélange d'alcool et de glycérine en parties égales. On a constaté qu'après ce traitement les feuilles retrouvent leur souplesse initiale.

Même des feuilles de palmier écrites avec des encres au carbone peuvent être séparées selon cette méthode, à condition de prendre certaines précautions au moment où l'on sépare les feuilles du bloc. Cette opération est possible parce que l'absorption d'humidité par les feuilles suivie du séchage qui les agglomère, la présence de boue et d'autres matériaux, a pour effet de fixer l'encre sur la feuille. On peut également séparer les feuilles en les plaçant dans un bain de paraffine liquide à 70-80 °C. On les nettoie ensuite avec de l'acétone pour enlever l'excès de paraffine. Toutefois ces feuilles ainsi traitées deviennent fragiles dès qu'elles sèchent et exigent des précautions exceptionnelles pendant la séparation et au cours des traitements ultérieurs.

RÉPARATIONS

Feuilles de palmier écrites avec des encres au carbone. Elles sont réparées au moyen de gaze de soie collée sur le recto et le verso avec une colle de pâte suffisamment liquide. Pendant l'opération, les bords de la gaze, qui généralement s'éraillent en séchant et lorsqu'on les touche, sont protégés en montant la feuille sur des onglets de papier fabriqué à la main.

La réparation peut également s'effectuer comme suit: on fixe d'abord la feuille sur des onglets de papier fabriqué à la main, puis on recouvre la feuille et le papier avec une solution de 5 à 10% d'acétate de polyvinyle dans le benzène. Cette solution est appliquée au pinceau sur toute la surface comme de la colle de pâte ordinaire. On place par-dessus une feuille d'acétate de cellulose d'un format supérieur à la feuille et à l'onglet réunis et on presse pour obtenir une bonne adhérence. Le verso est traité de la même manière. La feuille est alors soumise à une légère pression pour assurer une adhérence uniforme. Ce genre de réparation exige une habileté considérable pour obtenir un bon résultat.

Crowley, du British Museum, a mis au point une méthode de renforcement des feuilles de palmier: il utilise un adhésif à base d'émulsion acrylique et une feuille de papier de soie recouverte d'un seul côté de caoutchouc acrylique adhésif et protégée par une couche de papier au silicone. On opère comme suit:

Les trous sont bouchés à l'aide de placage de bouleau collé sur papier. Deux feuilles de placage entre lesquelles on place une feuille de papier *kozo-shi* sont placées dos à dos, collées avec un adhésif et serrées dans une presse à main. On découpe dans ce placage la pièce au format requis.

La feuille de palmier est laminée avec un papier de soie spécial dont un côté est recouvert d'un caoutchouc acrylique adhésif, lui-même recouvert d'un papier protecteur au silicone. On découpe le papier de soie en laissant une marge de 3 mm autour de la feuille de palmier. On retire le papier au silicone et le papier de soie est alors pressé sur la feuille pour chasser toutes les bulles d'air. On la retourne, la pièce de placage est alors mise en place et on recouvre la feuille avec une autre feuille de papier de soie. L'adhésif à base d'émulsion acrylique est alors appliqué sur la feuille, au recto et au verso, pour remplir les fibres du papier de soie et empêcher la réfraction de la lumière lorsque le document est photographié. La feuille de palmier ainsi traitée est alors placée entre des feuilles de papier à enduction détachable et mise sous presse. Arrivé à ce stade, il faut aller très vite, car si l'adhésif à base d'émulsion acrylique sèche avant que les feuilles soient pressées, il n'est pas absorbé dans les interstices du papier de soie. Au bout de 5 minutes la feuille est retirée de la presse et

traitée avec une émulsion diluée de paraffine, qu'on applique au recto et au verso de la feuille avec un tampon de coton. Cela a pour but d'empêcher les feuilles réparées de coller entre elles. On place à nouveau la feuille de palmier entre deux feuilles de papier à enduction détachable et on la met sous presse pendant 5 minutes. On la retire et le papier est enlevé de la surface de la feuille. La feuille est alors frottée avec un chiffon sec pour répartir uniformément tout excès de paraffine. Le papier de soie est alors rogné en laissant une légère marge sur le pourtour. Après cette réparation, la feuille de palmier est souple et peut être manipulée en toute sécurité. Par suite de l'application de l'adhésif à base d'émulsion acrylique, le papier de soie est devenu transparent et l'écriture reste lisible. Ce procédé est réversible. Si l'on veut récupérer la feuille de palmier, on peut enlever la feuille de papier de soie au moyen de chloroforme sans causer aucun dégât. Ce procédé n'exigeant pas de chaleur, la feuille ne court aucun risque.

On peut également protéger les feuilles de palmier en les plaçant entre deux feuilles de verre.

Feuilles de palmier gravées. Lorsque l'écriture gravée a disparu, elle est réencrée. On nettoie d'abord la feuille; on dépose sur un tampon de coton du graphite en poudre et du noir de fumée et on le passe sur les incisions qui se remplissent et l'écriture devient lisible. On enlève l'excès de graphite ou de noir de fumée au moyen d'un tissu de coton doux. La feuille est nettoyée au moyen d'un mélange d'alcool et de glycérine en parties égales. Elle est ensuite réparée selon la manière décrite ci-dessus pour la feuille de palmier écrite avec de l'encre au carbone.

Le réencrage peut être effectué au moyen d'un mélange de noir de fumée et d'huile camphrée. On mélange ces deux produits jusqu'à ce qu'on obtienne la teinte désirée, puis on l'applique sur toute la surface de la feuille et on laisse reposer une nuit. La feuille est ensuite nettoyée à l'alcool pour enlever le mélange en excès. Les feuilles réparées sont alors placées dans une boîte ou une armoire où l'on dépose de la naphtaline ou du camphre pour les protéger contre l'attaque des insectes.

Sceaux de cire

Les sceaux desséchés, fendus ou brisés sont restaurés en rapprochant les bords de la fente ou en remplaçant les parties manquantes avec un mélange de cire d'abeille et de résine; on utilise de la cire naturelle pour renforcer le sceau et on ne cherche pas à donner à la partie réparée la même couleur que celle du sceau. En règle générale, les sceaux sont réparés avec de la cire ayant la même consistance, mais une couleur différente. Il s'agit de préserver ce qui reste du sceau et non de le falsifier.

On prépare un mélange composé de deux parties de cire d'abeille pour une partie de résine qu'on chauffe pour le rendre bien homogène. Plus il est chauffé, plus il prend une couleur foncée. Au moyen d'une lame de couteau on dépose ce mélange entre les bords de la fente. Lorsqu'il a commencé à se solidifier, on enfonce lentement des aiguilles chauffées de part et d'autre du sceau pour maintenir en place les bords de la fente. On égalise ensuite les bords du sceau au moyen d'une lame de couteau chauffée. Si le sceau possède un ruban qui est rompu, on ramollit la cire autour du ruban sur environ 1 mm et l'on insère un nouveau ruban.

Les sceaux brisés sont réparés d'une manière semblable; les parties manquantes sont remplacées par un mélange de cire et de résine qui épouse la forme du sceau et qui ensuite est comprimé juste assez pour couvrir toute la partie manquante. Puis on passe une lame de couteau chauffée pour lisser la surface et joindre le mélange cire-résine au sceau. Les bords sont ensuite arrondis à la forme voulue au moyen d'une lame de couteau chauffée.

On laisse la cire durcir pendant un jour ou deux; lorsqu'elle est solidifiée, elle est grattée soigneusement au moyen d'un couteau. On la frotte ensuite avec une pâte composée de cire d'abeille pour faire pénétrer une sorte d'huile naturelle dans le sceau.

Les sceaux fragiles sont, dans une certaine mesure, réparés de la même façon, puis leur surface est recouverte d'une sorte de pâte à base de cire d'abeille et d'essence de térébenthine qui fait pénétrer dans le sceau une matière naturelle huileuse. Elle est également utilisée pour nettoyer et polir les sceaux couverts de souillures.

Si le sceau est fixé sur papier, on renforce d'abord celui-ci s'il est en mauvais état. Cette opération ne pose aucun problème si l'on utilise l'un des procédés traditionnels ou la lamination par

solvant. Si l'on emploie du papier de soie ou de la gaze de soie, ou si l'on a recours à l'un des procédés de montage, selon le cas, il est préférable d'utiliser une feuille de Perspex avec un support de Térylène. On laisse sécher le document sur le support. Si l'on choisit la lamination mécanique, le document, mis en sandwich de la manière habituelle, est recouvert avant de l'introduire dans la presse de papiers buvards dans lesquels a été percé un trou correspondant à la dimension du sceau, l'épaisseur des buvards étant légèrement supérieure à celle du sceau. On évite ainsi d'endommager le sceau pendant la réparation. Les fragments des sceaux brisés sont soigneusement rapprochés et maintenus en place à l'aide d'une solution de baume du Canada dans un mélange de benzène et de toluène. Lorsque les solvants se sont évaporés, les divers fragments sont solidement collés les uns aux autres d'une manière invisible.

Les sceaux en bon état n'exigent aucun traitement; aucun produit ne doit leur être appliqué sauf pour les nettoyer. A cet effet on mélange de la cire d'abeille et de la térébenthine qu'on applique sur toute la surface du sceau au moyen d'un pinceau; on laisse pénétrer ce mélange pendant un certain temps. La surface du sceau est alors nettoyée d'abord avec du coton, puis avec une brosse de joaillier pour enlever le maximum de souillures et de cire.

Enfin, les sceaux sont polis au moyen de cire d'abeille blanche et de térébenthine mélangées en parties égales à du benzol pour obtenir un produit ayant la consistance de la mélasse. Après séchage, le sceau est poli avec un chiffon de soie très doux.

On protège les sceaux en les plaçant à l'intérieur d'étuis qu'on peut facilement fabriquer à l'aide de papier pour billets de banque, de papier paraffiné et de coton. On place le papier paraffiné sur le papier pour billets de banque dont le format est légèrement plus grand; du coton est inséré entre le papier pour billets de banque et le papier paraffiné et on le retourne pour former un étui; autrement dit, l'intérieur de l'étui est en papier paraffiné, au milieu se trouve le coton et au sommet le papier pour billets de banque. On conserve les sceaux dans des boîtes garnies de coton sur lequel est placé du papier paraffiné. Cela a pour but d'empêcher les sceaux de s'écailler et de blanchir. Ils ne doivent en aucun cas être en contact avec le coton, car celui-ci absorbe l'humidité de la cire et provoque la détérioration du sceau. On peut égale-

ment, si on le désire, conserver les sceaux dans des enveloppes placées elles-mêmes dans des étuis. Les sceaux restaurés sont conservés verticalement et non à plat; les sceaux possédant des rubans doivent être placés sur un support, pour les ranger et à l'occasion d'expositions, afin d'éviter une traction sur le ruban et sur le papier du document auquel il est attaché.

MOULAGES

Pour différentes raisons (expositions, conservation), on exécute des copies de sceaux au moyen de moules en plâtre de Paris, en latex ou tout autre matériau tel que le calestone ou le calespar (plâtre dentaire ordinaire).

Pour la préparation de moules provisoires, et pour les petits sceaux fixés sur papier, on utilise le Duplit et le Zelex, qui sont des matières plastiques synthétiques.

Méthode. On entoure le sceau d'une bande de papier paraffiné maintenue avec de l'aloplast, substance semblable à la plasticine, mais qui, contrairement à ce produit, ne poisse pas. On frotte la surface du sceau avec de l'huile, de préférence de l'huile d'olive. On mélange 100 parties de calestone et 30 parties d'eau dans un récipient en caoutchouc et l'on remue avec une spatule pour obtenir une pâte homogène. On applique cette pâte au pinceau sur tous les détails du sceau, puis on la verse lentement. Pendant cette opération le moule est agité continuellement au moyen d'un vibrateur, afin de répartir également la pâte à la surface du sceau et faire disparaître les bulles d'air qui pourraient s'y trouver incluses. On laisse la pâte se solidifier. Il faut prendre la précaution de nettoyer le récipient en caoutchouc et le pinceau sinon ils ne pourraient être réutilisés.

Le calestone se solidifie rapidement et il n'est utilisé que pour les petits sceaux. Pour les sceaux de grandes dimensions (70 cm de diamètre et au-dessus), on utilise le calespar.

La méthode est la même. Ce produit se solidifie en deux semaines. Il est ensuite durci au moyen d'un vernis gomme-laque dilué dans de l'alcool méthylique qui pénètre en 4 ou 5 heures.

Pour obtenir une épreuve, on applique de l'eau de savon à la surface du moule et l'on verse le plâtre en procédant comme il

est indiqué ci-dessus. Une méthode semblable permet d'obtenir une empreinte à la cire, qui est moins coûteuse que le moulage en plâtre et donne une reproduction plus fidèle. Avec le Zelex, le moule est formé rapidement. On mélange une partie de ce produit avec une partie d'eau et l'on verse la pâte comme il est indiqué ci-dessus; le moule est très bon. Le calespar permet d'obtenir immédiatement une épreuve du sceau. Il n'est pas nécessaire d'employer du savon ou tout autre matériau comme produit de séparation. Il en est de même pour les moules exécutés en Duplit ou en Zelex.

Les résultats obtenus dans la préparation des moules et le tirage des épreuves dépendent de l'expérience de l'opérateur. Étant donné que la cire adhère à la peau, il faut prendre la précaution de se mouiller les mains avant de commencer le travail.

Entretien des volumes reliés

Dans les services d'archives, un grand nombre de volumes reliés sont dans un état de dégradation plus ou moins avancé. On peut y remédier en prenant un certain nombre de mesures.

Si le volume a été mal relié ou rangé dans de mauvaises conditions, l'intérieur s'affaisse ou se détache des couvertures. Lorsque celles-ci bougent ou se détachent, on coud de nouvelles gardes et on recolle les cahiers. Dans les livres qui se sont affaissés et ont un profil en V, alors qu'un livre bien relié présente une certaine cambrure, le fil casse par suite de l'effort qu'il supporte et les cahiers se séparent les uns des autres; dans ce cas, les risques de perte ou de détérioration sont très grands. La disparition de l'arrondi du dos peut être due à une mauvaise exécution, à une colle défectueuse ou au fait que le matériau utilisé est trop mince. La reliure doit être refaite pour éviter des dégâts plus importants.

Une reliure défectueuse n'est pas toujours la cause directe des dégradations mentionnées ci-dessus; elles apparaissent aussi sur des livres bien reliés qui ont été manipulés brutalement, ou qui sont mal rangés sur les tablettes des rayonnages. Les livres sont souvent si serrés qu'il est littéralement impossible de tirer un volume sans déchirer les couvertures. Si les livres sont empilés les uns au-dessus des autres, celui qui se trouve au bas de la pile est écrasé. Pour éviter ce genre de détérioration, les volumes reliés doivent

être placés sur des rayonnages de telle sorte qu'ils ne reposent pas sur le bord antérieur de la couverture; autrement dit les livres doivent être posés à plat ou sur la tranche inférieure.

Certaines précautions permettent de maintenir les livres reliés en bon état. Avant de consulter un livre dont la reliure est neuve, il doit être ouvert correctement; à cet effet le livre est posé horizontalement sur une table et ouvert par le milieu. On tourne quelques feuilles à la fois, on frotte avec le doigt la marge intérieure, jusqu'à ce qu'on arrive au début du volume. On répète l'opération de l'autre côté, c'est-à-dire jusqu'à la fin du volume. Cette méthode permet de diminuer l'effort que supporte le livre là où les cahiers sont cousus et collés et les pages se maintiennent plus facilement dans une position horizontale. Elle permet un pliage régulier du dos et empêche une « rupture » prématurée.

Un autre ennemi des volumes reliés est la poussière, qui décolore la couverture et amorce d'autres processus de dégradation; tous les volumes reliés doivent donc être époussetés et le cuir doit recevoir un traitement protecteur. Le cuir ordinaire de reliure est très stable, mais s'il n'est pas traité avec une préparation à base d'huile, il moisit et blanchit parce que l'huile que contient le cuir se déssèche et les fibres durcissent et se fendillent. Le processus est accéléré par les contaminants atmosphériques, principalement l'anhydride sulfureux, et de mauvaises conditions de rangement. L'application d'une bonne préparation à base d'huile empêche cette dégradation. Il faut s'assurer que les volumes traités de la sorte sont bien secs avant de les replacer sur les rayonnages.

Un produit simple pour le traitement du cuir est la cire de pétrole; on la frotte sur le cuir et on la laisse pénétrer; on polit ensuite le cuir avec un chiffon doux propre. Il existe d'autres préparations utilisées dans divers services d'archives; elles sont presque toutes à base d'huile de pied de bœuf. Une formule simple se compose d'huile de pied de bœuf et d'huile de ricin en parties égales. On chauffe le mélange et on le laisse refroidir avant de l'appliquer. La formule suivante est également efficace: lanoline anhydre, 300 g; cire d'abeille, 15 g; huile de cèdre, 30 ml; benzène ou hexane, 350 ml.

Le mélange se prépare comme suit: on fait dissoudre la cire d'abeille à chaud dans le benzène ou l'hexane; on ajoute l'huile de cèdre et l'on mélange. On chauffe légèrement la lanoline pour

la ramollir et on mélange intimement tous les ingrédients. Ce produit est très inflammable et il faut éviter de l'approcher d'une flamme.

La lanoline est une graisse animale, facilement absorbée par le cuir, et qui ne rancit pas. La cire d'abeille bouche les craquelures du cuir, qu'elle recouvre d'une mince pellicule après lustrage; l'huile de cèdre est un produit de conservation et le benzène (ou l'hexane) est un solvant qui permet à ces produits de s'appliquer régulièrement sur la surface du cuir.

On trouvera à l'annexe 4 d'autres formules de préparations pour cuir qui sont efficaces.

Avant d'appliquer le produit, on protège l'intérieur du livre au moyen d'une feuille de papier paraffiné placée sous la couverture. On essuie le volume avec un chiffon de coton pour enlever les particules de poussière, etc., qui auraient un effet abrasif sur la surface du cuir. Avant d'appliquer le produit, le cuir est traité pour le protéger contre les polluants acides de l'atmosphère au moyen d'une solution d'un sel tampon tel que le benzoate de sodium ou le stéarate de sodium. On applique une solution de 1 à 2%, puis on laisse sécher le cuir. On étale une petite quantité de la préparation à l'aide d'un chiffon de coton ou de flanelle, ou d'un pinceau. On laisse sécher et, lorsque la préparation a pénétré dans le cuir, on le fait briller avec un chiffon doux ou une peau de mouton utilisée pour les chaussures.

Les reliures en cuir doivent être traitées une fois tous les deux ou trois ans; il faut éviter que de l'eau entre en contact avec le cuir pendant l'application de la préparation, car, en général, elle donne une teinte foncée au cuir ancien.

8 Problèmes spéciaux concernant les ateliers et les matériaux de restauration

La conservation et la restauration des documents d'archives exigent un environnement favorable au travail et des matériaux de qualité dont l'emploi sur une longue période ou des essais de laboratoire ont démontré l'efficacité. L'utilisation de matériaux très divers, sans contrôle préalable, risque de causer plus de mal que de bien aux documents. Non seulement ces matériaux sont instables, mais ils contiennent des produits chimiques qui peuvent être nocifs pour les documents sur lesquels ils ont utilisés. Même une restauration effectuée avec de bons matériaux endommage le document original si l'exécution est incorrecte. En plus de l'excellence des matériaux, la qualité du travail accompli dépend de l'intelligence et de l'habileté du restaurateur.

Atelier de conservation et de restauration

Toutes les institutions qui se préoccupent de la conservation de leurs archives doivent posséder un atelier de réparation installé dans un local bien ventilé et bien éclairé et doté des installations permettant l'essai des matériaux. Si elle ne peut disposer d'un laboratoire, l'institution ne doit pas hésiter à demander l'avis des laboratoires ou des universités d'État ou des firmes privées dans lesquelles se trouvent des installations d'essai. Dans chaque pays, au moins un ou deux organismes d'État ont une installation de ce genre. Un certain nombre d'institutions sont en contact avec ces laboratoires ou ces centres d'essai.

ATELIER DE RÉPARATION

Un atelier de réparation doit être assez spacieux pour permettre la libre circulation des personnes et des matériaux; il doit être bien éclairé et bien ventilé. Il peut se trouver au sous-sol du bâtiment, comme c'est le cas aux États-Unis et dans d'autres pays, ou au rez-de-chaussée comme à New Delhi et dans certains pays d'Europe. Dans ce cas, il est nécessaire de disposer d'un bon éclairage artificiel et de faire en sorte que l'air soit constamment renouvelé dans la salle[1]. Si l'atelier est au rez-de-chaussée, il est préférable que les fenêtres soient orientées au nord pour recevoir le maximum de lumière naturelle tout en étant à l'abri de la lumière solaire directe. En outre, l'atelier doit avoir une alimentation en eau chaude et froide et posséder un évier.

Caractéristiques requises

Un atelier de réparation comprenant dix personnes doit avoir au moins une grande salle (100 m^2), une salle moyenne (40 m^2) et de trois à quatre petites salles ou bien un grand hall d'environ 200 m^2 qui pourra être divisé en salles de la superficie requise. Cela doit suffire pour le personnel, les machines et les équipements nécessaires aux travaux de conservation.

La grande salle doit être utilisée pour les travaux de conservation, c'est-à-dire tous les travaux de réparation et de reliure. Elle doit pouvoir contenir les éléments suivants: *a)* divers types de papier et d'autres matériaux de réparation rangés à plat; *b)* les documents à réparer; *c)* les documents qui ont été traités et qui doivent retourner dans les dépôts, *d)* une installation d'eau courante. Les matériaux de restauration et tous les documents importants doivent être enfermés; on doit donc prévoir un certain nombre d'armoires en bois ou en métal.

1. Les conditions de travail dans un atelier de réparation doivent être conformes aux normes de santé publique de chaque pays. Trois renouvellements de l'air par heure pour un atelier où des travaux comportant l'usage de produits chimiques volatils sont effectués, ou sont envisagés, devraient normalement suffire. Toutefois, il est préférable de consulter les autorités locales chargées des problèmes d'explosifs, de pollution et les autres autorités qui édictent les règlements de sécurité. En outre, tous les travaux comportant des produits volatils tels que l'acétone, etc., doivent s'effectuer dans une sorbonne.

Pour les travaux de restauration, cette salle doit contenir des tables recouvertes d'une plaque de verre et éclairées par en dessous, et pour le montage des cartes et les réparations de très grandes feuilles (si le dépôt en possède), une grande table recouverte de caoutchouc. Un espace sera réservé au matériel de dorure des volumes reliés et aux autres équipements nécessaires à la désacidification et au séchage des documents, au rognage des documents réparés et aux travaux de reliure. En outre, la salle devra avoir une superficie suffisante pour permettre la libre circulation du matériel et du personnel. Un atelier de réparation doit être confortable, bien chauffé, propre, avoir un bon éclairage artificiel, de préférence réglable, et les matériaux et l'équipement doivent être bien rangés. (La quantité et les types d'équipement nécessaires pour le travail de restauration par un, quatre ou dix restaurateurs, figurent à l'annexe 5.)

La salle, de dimensions moyennes, doit être munie d'équipements permettant des travaux de conservation, tels que fumigateur à vide et dépoussiéreur, fumigateur au thymol et au paradichlorobenzène. Le type d'équipement dépendra des ressources et des besoins de chaque institution, qui devrait néanmoins posséder les instruments de base pour la fumigation des archives infectées. Des fumigateurs au thymol et au paradichlorobenzène suffiront aux besoins d'institutions ayant de petits dépôts. Le nettoyage, c'est-à-dire le dépoussiérage, peut être effectué au moyen d'aspirateurs. Toutefois, si les fonds sont importants et si les infestations sont considérables, une installation de fumigation sous vide et de dépoussiérage est absolument nécessaire.

L'une des petites salles sera réservée au traitement d'humidification; elle sera munie d'un appareil à humidifier (« Petty Fogger » ou tout autre type) et des tamis en matière plastique permettront d'étaler les documents pliés. L'autre salle disposera d'installations permettant le nettoyage de documents à l'aide de produits chimiques, la détermination de l'acidité du papier et elle comprendra, si on le désire, un petit laboratoire pour les essais du papier et autres matériaux. Dans la troisième salle, un espace sera réservé à la préparation des colles, des apprêts et autres solutions (par exemple pour la désacidification) et elle comportera des installations pour le lavage, la désacidification et le séchage des documents traités. Dans la quatrième salle se trouvera un laminateur si son emploi est justifié en raison du grand

nombre de documents à traiter, ainsi que d'autres équipements auxiliaires tels que presse à percussion, massicot et table de travail.

Aucun atelier de conservation n'est complet sans un service de microfilmage, qui devrait être installé à part mais à proximité. L'atelier photographique sera divisé en trois parties: développement, tirage et conservation des microfilms; il sera de préférence climatisé.

La répartition du travail entre les dix restaurateurs qui ont été suggérés pourra être la suivante:

Tâche	Effectif	Tâche	Effectif
Désacidification, lavage, réencollage, etc.	1[a]	Assemblage et montage sur onglets	1[a]
Restauration	3[a]	Cousage et reliure	1
Petites réparations (cartes, etc.)	1[a]	Outillage	1[b]
Réparation des parchemins, sceaux et travaux de conservation		Chef d'atelier	1

a. Ces personnes sont toutes polyvalentes.
b. Fait des travaux de réparation ou de reliure lorsqu'il est libre et si on le lui demande.

Le chef d'atelier devra être spécialisé et connaître le fonctionnement des divers équipements, *p*H mètre et chambres de fumigation, ainsi que les divers procédés de réparation. Il sera chargé de tenir la comptabilité des matériaux et autres éléments du travail. Les restaurateurs seront expérimentés, habiles et devront connaître le travail de restauration. La préparation des colles et autres solutions peut facilement être confiée à l'un ou l'autre des restaurateurs, ou ils peuvent s'en charger à tour de rôle. Si l'on souhaite disposer d'un laboratoire, un chimiste sera recruté. Le choix des documents à réparer et leur numérotation dans l'ordre incombera à l'archiviste ou au personnel qui s'occupe des salles d'archives.

Le personnel suggéré ci-dessus doit pouvoir laver, désacidifier, réencoller, réparer, coller sur onglets et relier au minimum 8 000 feuilles par mois par les procédés classiques de réparation, tout en s'occupant d'autres travaux de restauration tels que réparation des sceaux, des documents sur parchemin, etc. Il est probable que

la production atteindra environ 12 000 feuilles par mois si des procédés mécaniques ou autres, tels que la lamination par solvant, sont adoptés. Ceci concerne des documents dont le papier est fragile ou qui sont en lambeaux et nécessitent des soins spéciaux. La plupart des institutions d'archives que l'auteur a visitées, en Asie, en Europe et sur le continent américain, ont des normes de production basées sur l'expérience et adaptées à leurs propres conditions. Dans ces institutions, si l'on désire simplement effectuer la désacidification et la lamination (mécanique ou par solvant), la production avec le même effectif sera d'environ 16 000 feuilles par mois. (On trouvera à l'annexe B des indications concernant les normes adoptées actuellement dans les services d'archives d'Europe.)

Matériaux

Un certain nombre de matériaux de réparation et de reliure sont nécessaires pour les travaux de conservation. Certains d'entre eux sont utilisés depuis plusieurs années et ont démontré leur utilité. En outre, de nouveaux matériaux sont apparus sur le marché. On utilise actuellement ceux d'entre eux dont l'efficacité a été éprouvée par des essais de laboratoire. Leur efficacité dans les conditions réelles d'emploi et de conservation est actuellement observée dans le monde entier.

Pour les travaux de conservation et de protection, on ne doit utiliser que les meilleurs matériaux. On trouvera ci-dessous des spécifications relatives à ces matériaux dont l'utilité a été démontrée et qui sont actuellement employés. Ces spécifications ont été rédigées il y a un certain temps; les connaissances acquises depuis cette époque à la suite d'études du mécanisme des processus de détérioration exigent une réévaluation de ces spécifications. Des recherches en ce sens ont déjà commencé aux États-Unis.

MATÉRIAUX DE RÉPARATION

Papier de soie

Papier mince et résistant à longues fibres. Utile pour des travaux de réparation, soit seul avec de la colle de farine ou à la dextrine

ou des adhésifs synthétiques, soit en combinaison avec une feuille d'acétate de cellulose selon le procédé de lamination (mécanique et par solvant). Utilisé également pour renforcer les bords déchirés d'un document ou combler les parties manquantes avec un adhésif à l'acétate de polyvinyle.

Le papier de soie pour les réparations doit être conforme aux spécifications suivantes:

Matières premières: 100% pâte blanchie sans bois broyé.

Acidité: *p*H = 6,0 minimum.

Format et poids: 61 × 91,5 cm; 5,9 kg pour 1 000 feuilles.

Résistance à l'éclatement: moyenne de 5 feuilles ensemble, 18 minimum.

Opacité: pas plus de 30%; dépourvu de matières huileuses et cireuses.

Teneur en cendres: 0,5% maximum.

Soumis à un vieillissement accéléré, c'est-à-dire chauffé à 100 °C pendant 72 heures, le papier de soie ne doit changer ni de couleur ni d'opacité; la teneur en alpha-cellulose ne doit pas diminuer de plus de 1%; elle ne doit pas être inférieure à 88% après vieillissement [1].

Papier fabriqué à la main

Utilisé pour renforcer les documents écrits d'un seul côté, le montage des cartes, la fixation sur onglets des feuillets isolés pour la reliure. Il doit être de qualité « extra strong » et être conforme aux spécifications suivantes:

Matière première: pur chiffon.

Couleur: blanc ou crème; avec le papier crème, les couleurs doivent être solides à la lumière.

Format et poids: 51 × 71 cm; 9,1 à 9,9 kg pour 500 feuilles.

Endurance au pliage: 500 doubles plis dans le sens faible avec une tension de 0,5 kg – MIT, ou 500 doubles plis avec une tension de 1 kg – TAPPI.

Acidité: *p*H — 6,0 minimum.

1. Un papier de soie spécial très transparent collé à la viscose appelé « Renova paper » est actuellement fabriqué aux Pays-Bas pour la réparation des documents selon le procédé traditionnel au papier de soie. En raison de sa haute résistance à l'humidité, ce papier serait facile à appliquer.

Gaze de soie

Utilisée pour réparer les documents fragiles et recouvrir la surface des cartes. Elle doit être prérétrécie, à tissage simple, et avoir reçu un traitement fongicide.

Matières premières: 100% pure soie.
Chaîne: 75 minimum.
Trame: 75 minimum.
Apprêt: moins de 1%.
Acidité: *p*H = 6,0 minimum.
Largeur: 101,5 cm.
Épaisseur: 0,0086 cm maximum.
Couleur: blanc ou légèrement crème.

Mousseline

Utilisée pour le montage des cartes selon le procédé de lamination et les procédés classiques de réparation. Le tissage est simple. Les autres caractéristiques sont les suivantes:

Qualité: fine et blanchie.
Épaisseur: 0,1 mm.
Apprêt: néant.
Chaîne: 76.
Trame: 70.

Lin

Généralement utilisé pour le montage des grandes cartes avec de la colle. Le tissage est simple et, comme la mousseline, il est blanchi et de qualité fine. Ses autres caractéristiques sont les suivantes:

Épaisseur: 0,15 mm.
Apprêt: néant.
Chaîne: 76.
Trame: 70.

Papier huilé et papier paraffiné

La colle d'amidon ou de farine, ou d'autres adhésifs, n'adhèrent pas sur ces papiers qui sont utilisés comme bases pour réparer

les documents ou les couvrir et comme feuilles intercalaires. Ils doivent être de très bonne qualité et les matières huileuses et cireuses ne doivent pas tacher les documents.

Format et poids: 46 × 61 cm; 22-23 kg pour 500 feuilles.

Pellicule d'acétate de cellulose

Utilisée pour le renforcement des documents par lamination à la chaleur et sous pression dans une presse à plat ou une presse à rouleau ou par le procédé de lamination par solvant. De 1954 à 1957, le National Bureau of Standards de Washington a procédé à une étude et à un réexamen complet du procédé de lamination mécanique; il ressort de cette étude que la pellicule d'acétate de cellulose utilisée pour la réparation des documents d'archives doit être conforme aux spécifications suivantes:

Endurance au pliage: 1 000 doubles plis avec une tension MIT de 1 kg.

Épaisseur: 23 microns.

Point de ramollissement (Moelter-Schwizer): 114,5 °C + — 2,5 °C.

Charge de rupture (15 mm de large): 1,8 kg minimum.

Charge limite d'élasticité (15 mm de large): 1,8 kg minimum.

Allongement au moment de la rupture: 15,0% minimum.

Module d'élasticité: 3,5 — 0,5.

L'acétate de cellulose doit contenir des plastifiants et un accepteur acide, un absorbeur d'ultraviolets et un anti-oxydant. Il doit être dépourvu de nitrate. L'essai de vieillissement accéléré ne doit faire apparaître aucun changement de couleur. Parmi les différentes pellicules qui ont été essayées, la P-911, fabriquée par Celanese Corporation of America, s'est avérée conforme à ces spécifications. La 88 CA 148, fabriquée par E. I. Du Pont de Nemours & Co. of America, présente également les caractéristiques requises. Des pellicules d'acétate de cellulose fabriquées dans d'autres pays (France, Royaume-Uni, République fédérale d'Allemagne) se sont révélées conformes aux spécifications ci-dessus. La pellicule d'acétate de cellulose est disponible en rouleaux et peut être coupée au format requis. Les formats les plus courants sont: 61 × 81,5 cm; 51 × 76 cm; 25,5 × 38 cm. L'acétate de cellulose en rouleaux est moins coûteux qu'en feuilles coupées au format.

En 1960, le quatrième congrès du Conseil international des archives réuni à Stockholm a souligné que pour les travaux de restauration la pellicule idéale devrait être: *a)* imperméable à l'eau, à l'air et à la lumière; *b)* résistante à l'attaque des ravageurs des plantes et des animaux, et de préférence avoir un pouvoir insecticide; *c)* ininflammable et résistante à la chaleur; *d)* inerte aux acides et probablement aux alcalis; *e)* capable d'absorber les radiations ultraviolettes.

Werner a clairement exposé les diverses propriétés qu'on doit exiger d'une pellicule servant à des travaux de restauration. Ces caractéristiques devraient être les suivantes:

La pellicule doit être intrinsèquement stable, c'est-à-dire résister longtemps aux dégradations lorsqu'elle est exposée à l'environnement associé aux conditions normales de conservation et d'utilisation.

Elle doit être souple et résister à l'abrasion afin de pouvoir supporter les manipulations normales auxquelles sont assujettis les documents lorsqu'ils sont consultés.

Elle doit conférer une augmentation considérable de résistance aux documents qu'elle est destinée à protéger et en même temps être aussi mince que possible.

Elle doit pouvoir être fixée au document avec le minimum d'efforts.

Elle doit pouvoir en cas de besoin être détachée du document par une méthode simple qui ne causera aucun dommage.

En plus de ces propriétés, la pellicule ne doit pas contenir d'additifs qui pourraient se dissoudre et avoir un effet nocif sur le papier et réduire la lisibilité du document sur lequel elle est utilisée.

Il n'existe actuellement aucune pellicule plastique dont on puisse affirmer qu'elle répond entièrement à toutes ces conditions. Comme on l'a déjà indiqué, des pellicules d'acétate de cellulose dont la formule est correcte ont donné toute satisfaction à bien des égards et sont utilisées depuis plusieurs années. Les autres pellicules qu'on peut considérer comme offrant certaines possibilités pour la lamination sont le polyéthylène et le téréphtlate de polyéthylène. Leurs propriétés physiques et chimiques sont supérieures à celles de l'acétate de cellulose. La difficulté que présentait l'enlèvement de la pellicule a été surmontée en uti-

lisant du benzène, ou du décalin, pour la délamination. La pellicule de polyéthylène est utilisée en URSS, en Yougoslavie et dans de nombreux pays. Kathpalia a expérimenté diverses pellicules de polyester. Une étoffe non tissée, le térylène (Textryl) convient pour la lamination des documents. Comme il l'a démontré, les documents réparés avec ce matériau peuvent être facilement délaminés si on l'utilise en combinaison avec une pellicule d'acétate de cellulose. Il a proposé l'emploi de polyester traité au moyen d'acétate de cellulose d'un côté afin de supprimer l'emploi de papier de soie et d'une pellicule d'acétate de cellulose en sandwich et d'accélérer l'opération de restauration. En outre, l'épaisseur des documents réparés de cette manière est inférieure à celle des documents réparés au moyen de papier de soie et d'une pellicule d'acétate de cellulose.

MATÉRIAUX POUR LA RELIURE

Fil

L'une des conditions essentielles d'une bonne reliure est l'emploi d'un fil résistant et approprié. Le fil de lin non blanchi convient le mieux. Il est durable, plus résistant que le fil de coton, et il est utilisé dans les volumes reliés à la main. Le fil de Térylène est plus résistant que le fil de lin et il est possible qu'il le remplace le moment venu.

Rubans

Les rubans de lin sont les plus fréquemment utilisés. On utilise également comme rubans de minces bandes de cuir et de la ficelle de chanvre. Les rubans de lin sont supérieurs aux rubans de coton et les ficelles de chanvre sont plus durables que les rubans de cuir. Comme dans le cas du fil, les rubans de Térylène remplaceront peut-être les matériaux utilisés actuellement.

Cuir

C'est un produit naturel qui provient d'une grande variété d'animaux; il possède une structure fibreuse résistante qui lui

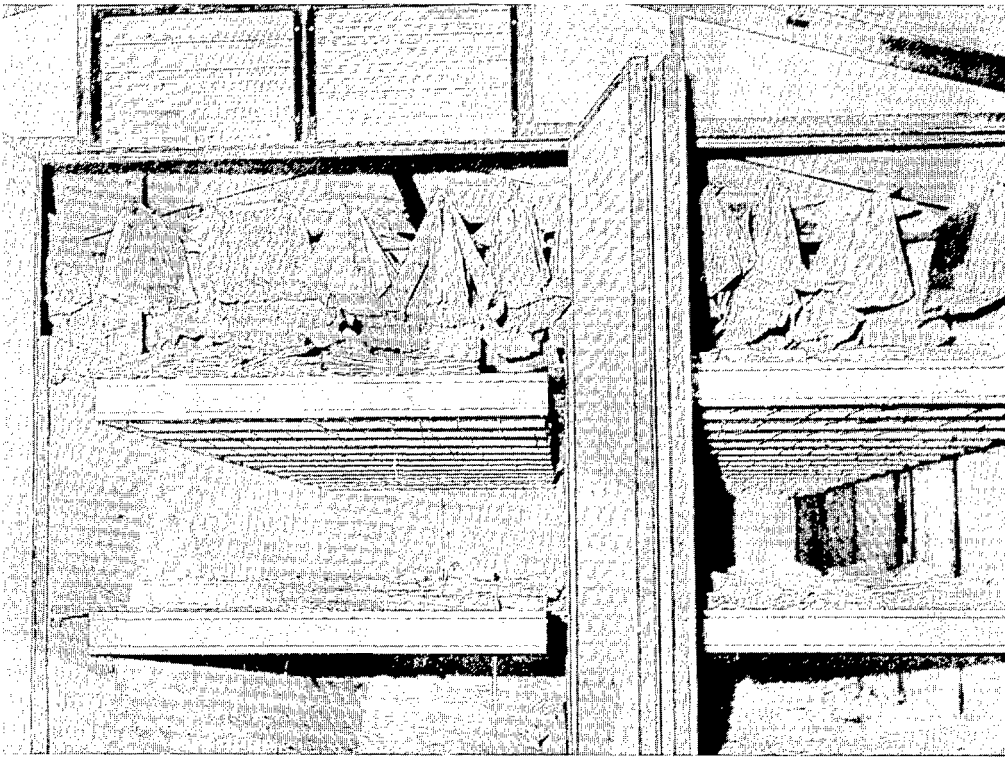
confère une solidité et une souplesse très appréciables. Il adhère bien sur le papier, le carton, le lin et les matériaux cellulosiques, en général par l'intermédiaire de colle de pâte. Il est supérieur au simili-cuir et au cuir-toile et il est durable; c'est pourquoi il est utilisé pour la reliure depuis plusieurs siècles.

Cependant, il est arrivé que du cuir pouvait se décomposer et tomber en lambeaux en quelques années. Il est indispensable que le cuir utilisé pour la reliure des documents d'archives soit tanné convenablement et conforme aux caractéristiques des essais PIRA ou aux normes relatives au cuir durable établies dans divers pays. La plupart des pays ont établi des normes et des spécifications pour le cuir de reliure. Un bon cuir pour des travaux de reliure provient d'une peau de chèvre, il est d'une épaisseur uniforme et est tanné au moyen d'extraits végétaux ou de sel de chrome ou par une combinaison des deux procédés. En général, ces cuirs sont teints en diverses couleurs, qui sont solides à la lumière et à l'eau. Une variété de cuir couramment utilisée est le maroquin.

Maroquin. C'est une peau de chèvre dont le grain est serré ou fin. Étant d'une épaisseur uniforme, la totalité de la peau peut être utilisée pour des travaux de reliure avec un minimum d'amincissement le long des joints et sur l'arête des cartons. Le maroquin est résistant et de nature fibreuse et il est apprécié dans le monde entier pour les travaux de reliure; il a un très bel aspect après lustrage. Les peaux sont de dimensions variables, de 150 à 210 cm, mais il en existe de plus grandes.

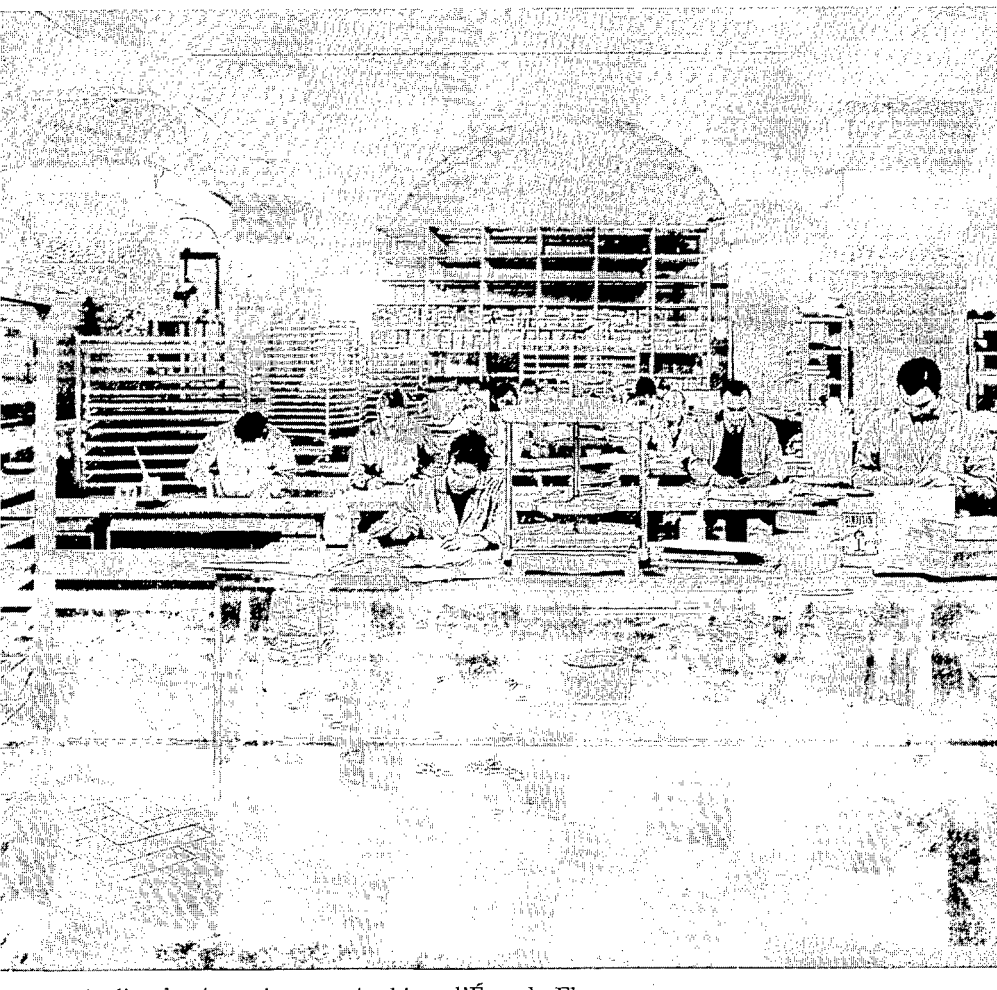
Maroquin du Levant. Une autre variété de maroquin est désignée sous le nom de maroquin du Levant; c'est une peau de chèvre d'Afrique du Sud ou du Cap, plus épaisse que le maroquin et dont le grain est beaucoup plus gros. Elle est résistante, solide et durable et peut prendre un beau poli; elle existe en plusieurs teintes. Elle convient pour les livres et les volumes de grand format. Les dimensions varient de 270 à 360 cm.

Veau naturel et teinté. Le veau naturel est de couleur jaune pâle; dès le XVI^e^ siècle, il est utilisé pour la reliure et un certain nombre de volumes anciens sont encore intacts. Une peau bien préparée

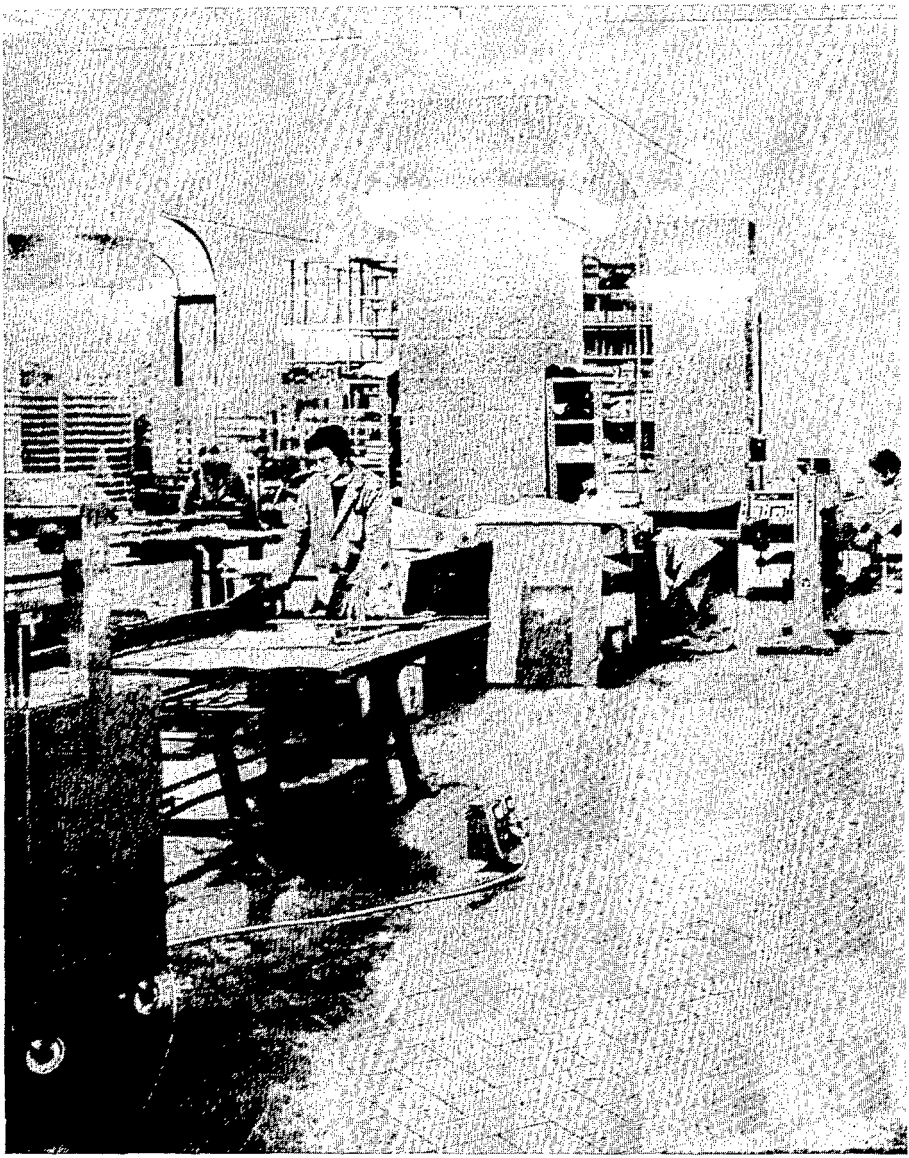


Étuvage dans une sécherie de tabac de documents endommagés par les inondations. *Photo* Archives d'État. Florence.

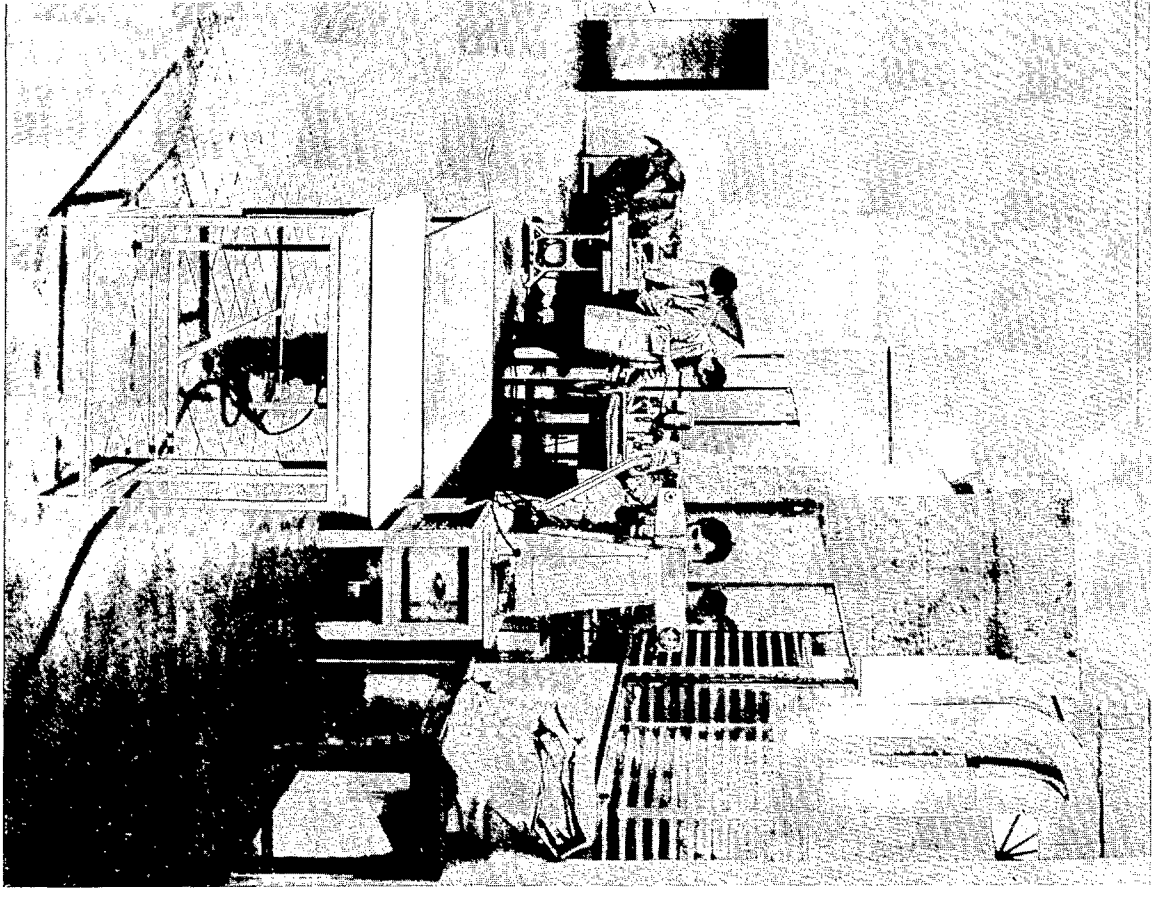
Volumes endommagés par les inondations.
Photo Archives d'État, Florence.



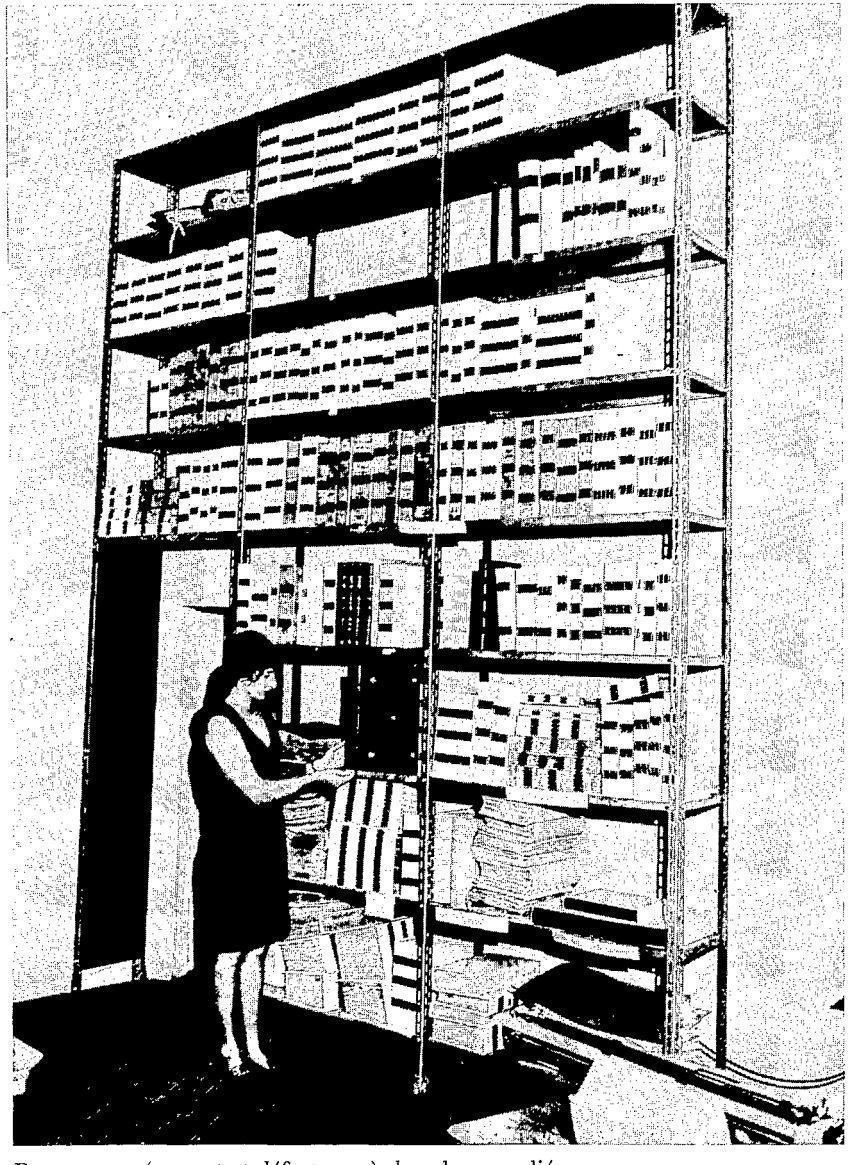
Atelier de réparation aux Archives d'État de Florence.
Photo Archives d'État, Florence.



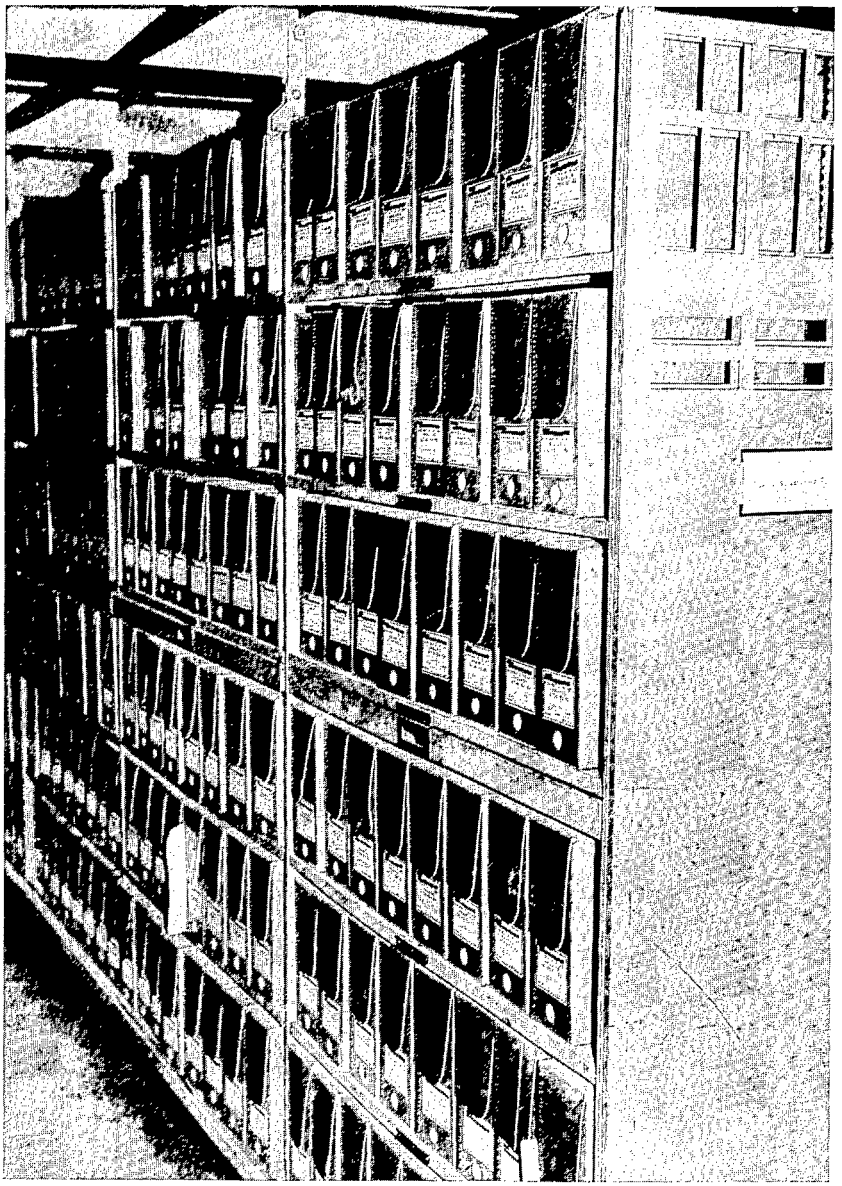
Salle de dimensions moyennes pour le matériel et les machines.
Photo Archives d'État, Florence.



Réception de documents à réparer.
Photo Archives d'État, Florence.



Rangement (correct et défectueux) de volumes reliés.
Photo Archives d'État, Florence.



Rangement de boîtes de documents sur des rayonnages aux Archives nationales de Washington.
Photo U. S. National Archives, Washington.

est solide et durable; dans le cas contraire elle se détériore, moisit et blanchit.

Avec le temps le veau naturel prend une coloration brune très agréable; par la suite, le même effet a été obtenu au moyen de sels tartriques qui sont encore utilisés actuellement.

Le cuir de veau se présente maintenant dans une grande variété de couleurs et de nuances. C'est un cuir souple, poreux, agréable à la vue et au toucher. Ses principaux défauts sont sa souplesse même et le fait qu'il est très sensible au contact avec un objet.

Le veau est plus épais que le maroquin; il ne convient donc pas pour relier les livres minces parce que la peau doit être excessivement amincie pour que le livre puisse s'ouvrir. Une peau épaisse qui a été amincie n'est pas aussi résistante qu'une peau normalement mince. C'est cet amincissement excessif, joint à une préparation défectueuse du cuir, qui est responsable de la détérioration prématurée de nombreux livres reliés en veau.

Il existe d'autres variétés de cuir, mais qui ne conviennent pas pour la reliure des documents d'archives, par exemple la peau de mouton. C'est une peau souple dont la surface se fendille très facilement. Elle ne convient absolument pas aux reliures de qualité.

Toiles pour reliure

Divers matériaux moins coûteux que le cuir, tels que le calicot, la toile à tableaux et le bougran de lin, ont été utilisés pour la reliure, et certains livres travaillés de cette façon sont encore en bon état, alors que du cuir utilisé à la même époque s'est décomposé ou est tombé en lambeaux. On a constaté que le bougran et la toile à tableaux sont durables et conviennent pour les gros livres et, dans certains dépôts d'archives, ils ont remplacé le cuir. Le bougran de coton n'est pas aussi résistant que le bougran de lin.

Une bonne toile pour reliure est souple, malléable, ne se fend pas à la surface lorsqu'elle est pliée selon un angle aigu et elle permet la finition et supporte le contact des outils. Certaines toiles ont tendance à se fendre au dos des volumes lourds, mais

si elles sont utilisées en combinaison avec du cuir, la reliure est souvent durable.

En raison de sa souplesse et de l'entrelacement serré des fibres dans toute l'épaisseur le cuir est un matériau idéal pour couvrir le dos des volumes alors que le bougran et la toile à tableaux conviennent pour les plats et les bords et pour la reliure des volumes de taille moyenne. Une demi-reliure est très durable à condition que du cuir de bonne qualité ait été utilisé pour le dos.

Deux autres toiles ont été utilisées pour la reliure: l'une, la Rexine, est à enduction de nitrocellulose, l'autre, à enduction de chlorure de polyvinyle. La Rexine a tous les défauts de la nitrocellulose, tandis que la toile de chlorure de polyvinyle, en raison de sa teneur élevée en chlore, provoque la formation d'acide chlorhydrique qui est nocif. Ces deux matériaux ne sont donc pas recommandés pour relier les documents d'archives.

ADHÉSIFS

Pour les travaux de conservation des archives, l'emploi d'adhésifs est très important au point de vue de la durabilité. Au sens large, un adhésif est un matériau qui peut assurer la liaison entre deux autres matériaux en adhérant fortement sur les surfaces en contact. Le lien adhésif doit être intérieurement résistant sinon la liaison serait inefficace. Qu'ils soient synthétiques ou naturels, les adhésifs sont généralement appliqués sous forme de solution, d'émulsion ou de gel.

Les deux adhésifs qui ont été utilisés et qui le sont encore sont la colle de farine ou d'amidon et la colle animale. Lorsqu'ils sont bien préparés et bien utilisés, ces adhésifs conviennent aux travaux d'archives et ont supporté l'épreuve du temps. Au cours des dernières décennies, un certain nombre de colles prêtes à l'emploi réputées efficaces, qui diffèrent des colles traditionnelles (de pâte et animale), ont été mises sur le marché. Le nombre de colles synthétiques dont dispose actuellement le conservateur d'archives est si grand qu'il est très difficile de choisir le type de colle qui convient le mieux pour les travaux à entreprendre. En outre, un grand nombre de marques commerciales ont été utilisées pour décrire un matériau du même

type; de nombreuses colles synthétiques combinent des propriétés physiques et chimiques qu'on ne trouve pas dans les colles naturelles. Un conservateur avisé choisit parmi tous ces matériaux celui qui convient le mieux à l'opérateur. Toutefois, il faut souligner qu'on ne doit utiliser pour les travaux de conservation que des matériaux synthétiques dont les caractéristiques sont suffisamment connues et dont la permanence et les propriétés ont été analysées avec précision.

Il ne suffit pas de faire confiance à la classe des polymères (polyacrylate, polyvinyle) ou même à certains types (polymétacrylate de méthyle), parce que d'autres ingrédients inconnus peuvent avoir été ajoutés à certains produits et avoir des propriétés indésirables du point de vue de la conservation des documents. Cependant, la situation s'améliore à cet égard et la plupart des fabricants donnent maintenant suffisamment de détails sur la composition de leurs produits; en fait, ils sont maintenant disposés à révéler confidentiellement aux institutions chargées de la restauration des documents d'archives la composition de leurs adhésifs, de sorte qu'il est possible de choisir des produits dont la qualité est prouvée.

Un bon adhésif pour les travaux d'archives doit posséder les propriétés suivantes:

1. Il doit assurer un temps d'opération et de manipulation suffisant. A cette fin, un adhésif doit être fluide ou plastique au moment de l'application et il doit humidifier l'assemblage à manipuler, c'est-à-dire fixation ou couverture de l'assemblage, etc., sans sécher rapidement. Par exemple, si la colle forte se refroidit et durcit avant que l'assemblage soit réalisé, elle perd la majeure partie de son adhésivité. L'assemblage ainsi formé est faible. En revanche la colle de pâte est d'un emploi facile; elle ne sèche pas rapidement et permet les manipulations. Toutefois, si l'adhésif rend le papier sur lequel il est appliqué trop humide, il en résulte un gondolement important dû à une dilatation inégale ou excessive et des difficultés apparaissent au séchage.
2. Il doit avoir un temps de préséchage bref, suivi d'un temps de séchage qui confère le maximum de résistance. Le préséchage est un effet du refroidissement, comme pour la colle animale. Dès que les deux parties ont été mises en contact, plus la colle sèche vite, plus tôt le joint pourra être manipulé

sans l'endommager ou le déformer. Au fur et à mesure que sèche la colle, l'assemblage devient de plus en plus résistant et atteint sa résistance finale au séchage complet. Le préséchage peut également résulter de l'évaporation. Par exemple, le préséchage résulte de l'évaporation de l'eau de la colle de pâte. Plus l'évaporation est rapide, plus vite l'assemblage est réalisé. Avec la colle de pâte, la colle animale et de nombreux adhésifs, le séchage a lieu par évaporation. Si la contraction est excessive, l'assemblage est défectueux.

3. L'adhésif doit lui-même être résistant. Par exemple, on peut assembler deux feuilles de papier au moyen de cire, mais un tel assemblage est faible et il se sépare. De même, si la colle est trop liquide, elle n'a pas assez de résistance pour maintenir l'assemblage qui, de ce fait, se sépare. En ce qui concerne les matériaux synthétiques, l'adhésif doit posséder une certaine résistance minimale et il doit pouvoir s'allonger légèrement sans se fissurer au séchage.
4. L'adhésif doit être réversible. Ce point est important quand il s'agit de la restauration de documents, car il signifie qu'on peut corriger une erreur et, si cela est nécessaire, recommencer la réparation. Par exemple, la colle de pâte et la colle animale peuvent être redissoutes dans l'eau une fois sèches, alors qu'il n'en est pas de même avec la plupart des adhésifs synthétiques.

Colle de pâte

Elle est utilisée depuis des siècles et elle répond d'une manière satisfaisante aux nombreuses caractéristiques pratiques qu'on exige d'un adhésif; en outre son prix est assez faible. Son temps de mise en œuvre est suffisant et elle est facile à préparer et à appliquer. On trouvera à l'annexe 3 certaines formules de colle qui ont prouvé leur efficacité. Pour améliorer la fluidité et protéger les diverses colles contre les moisissures et la putréfaction, pour augmenter la résistance à l'humidité au séchage, des produits chimiques ont été ajoutés aux différentes formules; ils ont pour objet d'augmenter l'efficacité de la colle.

Certaines propriétés telles que la viscosité, le temps de préséchage, la sensibilité à l'eau et l'aptitude à l'étalement peuvent varier en fonction des besoins. Les services d'archives qui ne

désirent pas préparer leur propre colle peuvent les obtenir prêtes à l'emploi en fonction de leurs besoins; mais ces colles sont loin de valoir la colle fraîche préparée spécialement pour les travaux de restauration. Il est impossible de savoir si les colles toutes prêtes contiennent en excès des acides ou des alcalis, qui sont des agents de détérioration du papier, ou si elles contiennent l'un quelconque des nombreux antiseptiques et fongicides nécessaires dans une colle pour travaux de conservation. Dans certains cas, les colles prêtes à l'emploi ont tendance à tacher le papier du document. Le coût de ces colles est peu élevé, ce qui est important pour les services d'archives des pays développés aussi bien que des pays en voie de développement.

La colle de pâte diffère de la colle forte en ce sens que sa teneur en eau est plus élevée et qu'elle sèche plus lentement. Elle ne tache pas le papier mais, comme la colle forte, elle attire les insectes. Elle est utilisée pour les travaux de réparation, pour fixer les gardes et pour enduire et fixer des tissus souples tels que la batiste, la soie, etc. Elle n'est pas utilisée pour fixer la toile de reliure, car elle la ramollit et fait disparaître la couleur, l'apprêt et le grain. Elle est utilisée pour fixer le cuir des reliures parce qu'elle est lente à sécher et permet aux relieurs d'accomplir toutes les opérations nécessaires, contrairement à la colle forte qui sèche rapidement et ne laisse pas assez de temps pour mettre le cuir en forme.

Une autre colle a été utilisée avec de bons résultats aux Archives de Florence et à la Bibliothèque nationale de Séville: elle contient 15% d'acétate de polyvinyle en émulsion et 95% d'amidon de riz.

Lorsqu'on effectue un assemblage, une couche mince est plus efficace et elle assure une meilleure liaison. En fait, moins on utilise de colle, c'est-à-dire le minimum nécessaire pour une adhésivité normale, meilleur est le résultat. La tendance habituelle est d'utiliser trop de colle qui, en séchant, se fendille. D'autre part, un excès de colle s'échappe de la feuille ou de l'assemblage quand il est comprimé, ce qui a pour effet de coller les feuilles les unes aux autres ou de tacher certaines parties qui deviennent difficiles à nettoyer.

La quantité d'eau à ajouter s'apprend par expérience et elle dépend de la consistance requise pour le travail à effectuer. Par exemple, pour un travail de réparation avec du papier de

soie ou de la gaze de soie, il faut une colle liquide, tandis que pour le montage des cartes, il faut une colle épaisse. On peut dire que moins la colle contient d'eau moins il y a de risques de voir apparaître des faux plis.

On applique la colle au moyen d'un pinceau, bien que certains relieurs trouvent plus commode de l'appliquer avec le pouce ou les doigts.

Dans certains travaux, les relieurs utilisent souvent un mélange de colle de pâte et de colle forte parce que la colle de pâte ralentit le préséchage de la colle forte, alors que celle-ci donne de la viscosité à la colle de pâte et la fait sécher plus vite. Les colles préparées avec une petite quantité de colle forte se décollent beaucoup plus lentement que les colles non mélangées. Certains matériaux synthétiques, tels que la carboxyméthylcellulose (CMC) et la méthylcellulose, sont supérieurs à la colle forte à cet égard. Aux Archives nationales de New Delhi, on utilise, pour des travaux de réparation au papier de soie et à la gaze de soie, une colle de pâte composée uniquement de la CMC (2,5%).

Colle forte

La colle forte est une substance organique préparée à partir des peaux et des os de certains animaux tels que bœuf, mouton et cheval. Elle a été utilisée pendant des siècles en reliure pour coller le dos, fixer la toile sur les plats, et les demi-reliures. Elle diffère de la colle de pâte en ce sens qu'elle reste souple à la température normale en séchant, tandis que la colle de pâte devient cassante. Son temps de préséchage est court et le rapport matières solides/eau est élevé. Elle sèche vite et permet un travail rapide. Elle réduit au minimum la tendance au gondolement.

La colle forte est spécialement appréciée pour confectionner le dos des volumes. Après un temps de préséchage, elle permet d'arrondir le dos du volume sans causer aucun dommage. Elle pénètre entre les divers cahiers lorsqu'elle est chaude et confère au volume une bonne résistance mécanique. Elle doit être utilisée à chaud, mais sa température ne doit pas dépasser 55 °C. Pour cette raison, la colle est chauffée dans un pot muni d'un thermostat ou, à défaut, dans un pot entouré d'un bain-marie. Le risque de brûler la colle est ainsi évité et l'eau assure un chauffage uniforme. Avant d'être chauffée, la colle est mise à gonfler

dans l'eau. Pour des travaux qui se déroulent sur une longue période, la colle et l'eau doivent être renouvelés pour qu'elles puissent garder ses propriétés.

Si on laisse la colle se refroidir et durcir avant d'assembler les matériaux, le joint est faible. C'est pourquoi la salle où l'on travaille doit être chauffée et la colle doit être appliquée dès qu'elle est prête. Un excès de colle provoque des difficultés.

Il faut éviter de faire chauffer la colle plusieurs fois, car cela diminue ses qualités et modifie le temps de préséchage. Le pot à colle doit être nettoyé fréquemment.

Une bonne colle pour reliures doit être limpide, transparente, légèrement ambrée. Elle est vendue sous forme de plaques, de paillettes, de pains et en poudre. Pour la préserver contre l'attaque des insectes ou autres déprédateurs, on ajoute 1% de phénol pendant le chauffage. En outre, le phénol empêche un séchage trop rapide. L'addition d'une petite quantité de glycérine conserve à la colle sa souplesse, mais un excès de glycérine peut provoquer une trop forte absorption d'humidité, ce qui risque de favoriser la croissance de moisissures, sauf si une quantité suffisante d'antiseptique a été ajoutée.

Les colles liquides qu'on trouve dans le commerce pour les travaux de reliure contiennent généralement des additifs tels que le crésol ou l'acide acétique; ces colles ont tendance à modifier la couleur de certains papiers et de certaines toiles. Avant l'emploi il faut donc les essayer; en outre, leur composition exacte n'est pas connue. Leur emploi n'est pas recommandé dans les services d'archives qui ne disposent pas d'installation permettant de vérifier l'effet de divers matériaux et produits chimiques utilisés pour la conservation du papier ou qui ne peuvent faire essayer ces matériaux dans des laboratoires et des organismes spécialisés.

Adhésifs synthétiques

L'acétate de polyvinyle et les polymétacrylates sont des polymères thermoplastiques d'une durabilité satisfaisante et qui sont utilisés dans les travaux de conservation comme adhésifs, comme vernis, etc. On les considère comme durables.

L'acétate de polyvinyle en émulsion a été utilisé à la place de la colle forte traditionnelle pour un certain nombre d'opéra-

tions de reliure; par exemple, comme adhésif pour le dos des livres, il a des propriétés remarquables et peut être utilisé à froid. C'est un adhésif de bonne qualité pour la soie, le nylon et le Térylène, pour lesquels la colle forte et la colle de pâte ne sont pas très satisfaisantes. Il est moins sensible à l'attaque des insectes et des moisissures.

L'acétate de polyvinyle en émulsion est commercialisé sous diverses marques, qui contiennent certains additifs qui influent sur leur utilisation finale. Il faut donc choisir avec prudence l'un ou l'autre de ces produits pour des travaux de restauration: Une attention particulière doit être accordée aux facteurs ci-après; *a)* la nature du matériau ajouté pour stabiliser l'émulsion. *b)* le *p*H de l'émulsion; *c)* la présence éventuelle d'un épaississeur utilisé pour augmenter la viscosité de l'émulsion. Toute émulsion contenant un épaississeur doit être considérée avec circonspection.

Pour les travaux de reliure, il faut choisir l'acétate de polyvinyle en émulsion qui contient un plastifiant. Si le produit du commerce qu'on a choisi est d'une consistance qui ne convient pas au travail à effectuer, on peut lui ajouter de l'eau.

Toutefois l'acétate de polyvinyle en émulsion, contrairement à la colle forte, est difficile à enlever lorsqu'il est sec. Cela constitue un inconvénient du point de vue des archivistes, car il sera difficile d'enlever ce qui aura été ajouté à un document précieux pour le réparer. Une erreur est toujours possible et peut se traduire par des dommages importants si on ne peut la corriger. Il ne faut donc pas utiliser ce produit pour restaurer des documents d'archives.

Dans son ouvrage, *The conservation of books and documents*, Langwell déclare que l'objection formulée à l'égard des adhésifs synthétiques modernes est « qu'ils nécessitent un taux d'acidité dangereusement élevé pour sécher à basse température dans un délai raisonnable. A moins que des changements considérables soient apportés à leurs propriétés, ces adhésifs ne doivent pas être utilisés pour des travaux d'archives ».

Dans son ouvrage, *Conservation of library materials*, Cunha fait observer que « certains fabricants d'acétate de polyvinyle (et d'autres résines synthétiques) ont émis des prétentions exagérées concernant le pouvoir qu'auraient ces matériaux de donner à de vieux livres l'aspect des livres neufs. On prétend que ces

émulsions blanches, libéralement appliquées sur des livres usés, font tenir les couvertures disjointes, consolident le cuir décomposé et rajeunissent la toile. Un très grand nombre de beaux volumes ont été irrémédiablement perdus par l'emploi inopportun de ces produits. Ce qu'il ne faut pas oublier, c'est que les émulsions d'acétate de polyvinyle sont de bons adhésifs et rien de plus. Lorsqu'on les utilise, comme on doit utiliser la colle de pâte ou la colle forte, ils produisent des liaisons très solides qui peuvent rarement être séparées sans endommager les matériaux assemblés. Puisque l'un des principes de base de la restauration des livres rares et des documents d'archives est que rien ne doit être fait en matière de restauration qui ne puisse être défait si cela est nécessaire; ces adhésifs irréversibles sont à proscrire dans tous les cas sauf pour les livres ordinaires. »

On ne sait pas comment les adhésifs plastiques se comporteront au fil des ans, ni quelle sera leur longévité exprimée en centaines d'années. Les anciens adhésifs, tels que la colle forte et la colle de pâte, peuvent être redissous en les humectant avec de l'eau et les éléments d'une reliure ou des feuillets réparés peuvent être séparés sans dommage pour le texte au cas où la réparation doit être refaite. Mais cela n'est pas facile avec les adhésifs plastiques; il existe toujours un risque que le document soit endommagé. Le risque est encore plus grand si le restaurateur de l'avenir ne sait pas quel adhésif a été utilisé ou dans quel matériau il est soluble. Les livres et les documents ont besoin de réparations de temps à autre et il est donc indispensable qu'une note soit placée à l'intérieur du livre ou du document pour indiquer le problème que pose l'adhésif utilisé et comment il peut être dissous. En outre, la liaison formée au moyen d'adhésifs synthétiques est plus résistante qu'avec les colles traditionnelles. Leur emploi sur du papier léger se traduit par une déchirure à l'endroit du joint.

Le choix d'adhésifs synthétiques pour les travaux de conservation doit donc être limité à ceux qui sont solubles dans l'eau ou certains solvants tels que l'alcool, l'acétone et le benzène. Ces adhésifs peuvent être utilisés seuls ou en combinaison avec les colles de pâte et les colles fortes traditionnelles. Comme on l'a expliqué plus haut, les adhésifs synthétiques qui sont actuellement utilisés comme colles sont la carboxyméthylcellulose (CMC) et la méthylcellulose; mais l'acétate de polyvinyle en émulsion, mélangé avec de la colle d'amidon, donne de bons résultats.

9 Comment faciliter la conservation des documents

Les institutions d'archives soucieuses de préserver leurs fonds sont conscientes de l'importance qu'il y a à aborder ce problème dans un esprit scientifique qui met au premier plan la nécessité de prévenir et d'éviter des réparations coûteuses. Aucune institution au monde ne dispose du personnel et des fonds suffisants pour maintenir ses archives en parfait état. Le problème est aggravé dans les pays tropicaux où les conditions ambiantes échappent à tout contrôle et où certains facteurs tels que lumière, température, humidité, etc., dépassent souvent la marge normale de sécurité pour assurer une conservation satisfaisante. Même dans les régions tempérées aucun document ne peut durer longtemps s'il n'est pas entreposé dans des conditions appropriées et il importe peu qu'il ait pour support un papier durable de qualité ou qu'il ait été restauré selon une méthode qui assure le maximum de longévité.

La conservation implique le rangement, l'entreposage et la manipulation des documents. Les facteurs qui permettent de satisfaire à ces conditions sont: *a)* l'emplacement et la conception d'un dépôt; *b)* les matériels et les méthodes d'entreposage; *c)* la climatisation; *d)* la manipulation et la consultation des documents; *e)* les mesures prises pour sauvegarder les documents d'archives contre les calamités naturelles telles que inondations et incendies, guerres et autres actes de violence.

De grand progrès ont été accomplis dans la manière de concevoir le bâtiment, de le climatiser et de le doter des installations nécessaires pour un entreposage approprié des documents d'archives. En outre, des directives ont été établies par des organismes tels que le Conseil international des archives et d'autres institutions

qui s'intéressent à ce problème et ces directives sont diffusées dans diverses publications, par exemple *American archivist journal of Society of Archivist* (Royaume-Uni), le *Bulletin de l'Unesco à l'intention des bibliothèques*, la revue *Archivum*, etc.,

Lorsqu'ils établissent les plans d'un bâtiment, les directeurs des dépôts d'archives doivent prendre une décision sur les caractéristiques essentielles ayant une incidence directe sur la sécurité de leurs dépôts et ils doivent expliquer leurs desiderata aux spécialistes chargés de la construction. En général, l'extérieur d'un bâtiment doit être élégant et l'intérieur agréable. Il doit offrir le maximum de stabilité structurelle et d'utilité, associées à une économie d'espace. D'autre part, il doit avoir toutes les caractéristiques essentielles d'un bon bâtiment (lumière, chaleur et air suffisants). Par exemple, il doit posséder:

Des magasins pour l'entreposage permanent des documents.

Des bureaux pour le personnel.

Un atelier de réparation et de reliure des documents.

Un atelier de photographie pour la préparation des copies de sécurité de la totalité du fonds et pour la reproduction de documents pour les chercheurs et les spécialistes.

Une salle de recherches ou de lecture où les documents peuvent être consultés par les spécialistes et d'autres personnes.

Une salle d'exposition où les documents peuvent être exposés ou qui peut être utilisée pour organiser des expositions sur des sujets divers à but éducatif.

Une salle de réception des versements où les documents attendent et sont stérilisés avant d'être entreposés dans les magasins.

Une bibliothèque usuelle pour le personnel et les chercheurs.

Un dépôt d'archives doit en outre offrir une protection suffisante contre les insectes, les rongeurs, les variations de température et d'humidité, contre les incendies, les inondations, le vol et les destructions volontaires. Toutefois, avant de prendre une décision sur la conception d'ensemble du bâtiment et les facilités de service qu'il doit offrir, il est souhaitable de procéder à une estimation de l'importance du fonds d'archives et de son augmentation annuelle. Il s'agit de prévoir les extensions pour répondre à la croissance perpétuelle des archives et pour faire face à toute situation d'urgence. En d'autres termes, un bâtiment doit répondre aux besoins essentiels et fonctionnels qui caractérisent les institutions d'archives. En outre, les plans et la

conception d'un bâtiment doivent prendre en considération les aspects ci-après.

Conditions climatiques de la région

Les variations de température, le nombre et la fréquence des jours pluvieux, l'humidité atmosphérique et les variations d'humidité pendant le jour, la durée de la saison humide et sèche, les heures d'ensoleillement, la direction des vents doivent être observés pendant au moins un an. Ces observations aideront l'architecte à établir les plans du bâtiment afin qu'il ne soit pas trop exposé au soleil et à la pluie, ce qui pourrait créer des difficultés pour assurer une bonne ventilation.

Choix de l'emplacement

Il est de la plus grande importance; d'un bon emplacement dépend l'efficacité d'un bâtiment. Le terrain doit être sec, bien drainé pour empêcher l'accumulation d'eau, et bien aéré, c'est-à-dire éloigné de sources de pollution atmosphérique, et sa superficie doit permettre l'extension du bâtiment. Pour faciliter l'accès du bâtiment aux utilisateurs des documents d'archives, l'emplacement doit être central.

Fondations

Les fondations doivent être à l'épreuve des termites; pour cela, on peut soit construire le bâtiment sur pilotis, soit incorporer dans le sol des insecticides, soit installer des boucliers métalliques antitermites. Pour la construction, seuls des bois traités doivent être utilisés. Si l'on utilise de l'acier, il doit être peint pour éviter la corrosion.

Ventilation

La ventilation est déterminée par le type et l'orientation des fenêtres. Dans un pays tropical, pour remédier à l'inconfort de la température et de l'humidité élevées, il est de tradition qu'un bâtiment possède un très grand nombre de portes et de fenêtres pour assurer la libre circulation de l'air frais. Il en résulte

souvent une formation de poches d'air stagnant et parfois une température ou une humidité élevées dans les magasins d'archives. Si le bâtiment doit être climatisé, les ouvertures doivent être réduites au minimum, car, si le nombre des ventilateurs, des fenêtres et des portes est trop grand, on ne profite pas pleinement des avantages de la climatisation. Dans un bâtiment climatisé, la conception des ventilateurs, des portes et des fenêtres doit être telle que le bâtiment devient hermétiquement clos. Dans les bâtiments non climatisés, toutes les ouvertures de ventilation doivent être protégées contre la lumière solaire directe et les eaux de pluie; on y parvient en installant des lames verticales et des pare-soleil horizontaux. L'emploi de verre résistant à la chaleur est également utile.

Éclairage

Un bon éclairage, naturel ou artificiel, est nécessaire dans chaque bâtiment. Un éclairage moderne assure une lumière diffuse d'intensité variable selon les salles. Dans les salles intérieures, l'éclairement peut être amélioré au moyen de peintures réfléchissantes. La disposition du bâtiment par rapport aux constructions voisines peut également avoir une incidence appréciable sur l'éclairement par la lumière naturelle.

Emplacement des salles

L'emplacement des salles de service, des centres de réception des versements, des magasins, des ateliers de restauration et de photoduplication, des bureaux, etc., doit être déterminé par rapport aux circuits de circulation. Le bâtiment administratif, le bâtiment de service et les magasins doivent être reliés de telle manière qu'ils conservent leur identité propre. Un auditorium, une salle de conférences, une salle d'exposition et une salle de repos doivent être prévus au voisinage du bâtiment administratif.

Magasins

Les magasins constituent la partie essentielle des bâtiments d'archives où les documents sont entreposés d'une manière permanente. La zone des magasins doit être conçue de telle sorte

qu'il soit impossible d'y pénétrer de l'extérieur. Si les fenêtres s'ouvrent sur l'extérieur, elles doivent être munies de barreaux et de grillages. Pour des raisons de sûreté et de sécurité, l'accès aux magasins doit être limité à certaines personnes. Ils doivent être situés au voisinage des ateliers de restauration et photoduplication et des salles de consultation et de réception des versements Le plancher des divers magasins doit permettre le déplacement facile des divers chariots transportant les archives.

Eau courante et autres installations

Les ateliers de reliure, de restauration et de photoduplication doivent être dotés d'une alimentation en eau courante chaude et froide et d'installations électriques spéciales pour les équipements et les machines.

Drainage

Toutes les canalisations doivent être étanches et les sorties doivent être munies de collerettes métalliques. Pour empêcher l'accumulation des eaux pluviales, le bâtiment doit être implanté sur une légère déclivité, afin que l'eau de pluie puisse s'écouler et non s'accumuler autour du bâtiment, ou doit être installé un système de drainage efficace. Aucune canalisation d'eau ne doit passer au-dessus, au-dessous ou au voisinage de la zone des magasins. Le plancher doit dépasser de quelques centimètres le niveau général des planchers dans les autres parties du bâtiment. Une telle disposition empêche l'arrivée d'eau dans les magasins, par suite d'une occlusion ou d'une rupture des canalisations d'eau et des drains.

Climatisation

La décision de climatiser l'ensemble du bâtiment doit être prise au moment où les plans sont établis. Il est facile à ce stade de prévoir une installation centrale de climatisation, ainsi que les gaines de départ et une régulation des conditions atmosphériques dans chaque salle séparément. Le coût d'une telle installation à un stade ultérieur est prohibitif.

Dans un bâtiment qu'on envisage de climatiser, la ventilation doit être calculée de telle manière que le minimum d'air climatisé s'échappe à l'extérieur. L'entrée de la zone non climatisée doit être réglée au moyen de vestibules. Lorsqu'on calcule la charge de la climatisation, outre l'importance des rayonnages et des documents d'archives, on doit prendre en considération le nombre de personnes qui travaillent dans le dépôt et le volume des documents qui y pénètrent ou qui en sortent.

Pour permettre un contrôle de l'hygrométrie dans la zone climatisée, il est indispensable que l'humidité ne puisse traverser les murs ou les planchers. Les planchers doivent être étanches à l'eau et les murs doivent recevoir une couche de peinture à l'huile, étanche à l'eau.

Il faut autant que possible empêcher la pénétration de poussières dans la zone climatisée; l'air extérieur est filtré avant de pénétrer dans l'installation. Toutefois, la filtration et le degré de recirculation de l'air dépendront des conditions atmosphériques locales et du nombre moyen de visiteurs. La précipitation électrostatique, méthode la plus efficace de filtration, doit être évitée, car elle produit de l'ozone qui peut amorcer des réactions oxydantes dans la cellulose et provoquer des dégradations dans les documents d'archives. Des filtres ordinaires en toile ou des filtres à huile, associés à des séparateurs de poussière, sont suffisants et ils sont en outre peu coûteux. D'ailleurs, de l'air contaminé est introduit dans un bâtiment chaque fois qu'une porte ou une fenêtre est ouverte et il serait illusoire d'exiger une efficacité à 100% en matière de filtration d'air. Des gaz acides tels que l'anhydride sulfureux, etc., peuvent être séparés de l'air à traiter par lavage. Des pulvérisations d'eau pure permettront d'extraire environ la moitié des impuretés acides. La meilleure méthode de lavage utilise une pulvérisation d'eau alcaline (pH = 8,5 à 9,0) qui permet de neutraliser toutes les impuretés acides de l'air d'arrivée.

Si, pour des raisons financières, la climatisation ne peut être installée dans tous les bâtiments, une climatisation partielle doit être prévue dans les zones où des fonds importants sont entreposés. La plupart des appareils existants ne sont ni encombrants ni coûteux et peuvent être utilisés facilement dans de petites salles; pour des salles plus grandes, plusieurs appareils peuvent être nécessaires. Mais, avant de choisir l'un de ces appareils, il est préférable de mesurer le taux d'humidité relative

de l'atmosphère; il faut faire la moyenne des résultats obtenus sur au moins un an. L'humidité et la température des salles climatisées peuvent se mesurer facilement au moyen d'instruments appelés hygromètres. Un appareil simple, le thermohygrographe à cheveu, trace deux courbes, l'une indiquant les variations de l'humidité relative et l'autre les variations de la température. Ces deux mesures doivent être effectuées dans chaque salle à climatiser, afin de vérifier l'efficacité de l'équipement installé. La précision de l'hygromètre doit être contrôlée de temps à autre au moyen de thermomètres à boules sèches et à boules humides. Ces comparaisons sont nécessaires pour obtenir des mesures exactes de l'humidité dans une salle, car l'humidité relative de l'extérieur peut varier entre 10 et 90% dans un délai très court. Si l'humidité n'est pas maintenue aux environs de 45-55 %, la climatisation sera inutile en ce qui concerne la conservation.

En l'absence de climatisation, la conservation des documents dans les régions tropicales sèches est plus facile que dans les régions humides. Dans les régions sèches, les principaux inconvénients sont la lumière, la poussière et le sable; on peut diminuer l'intensité lumineuse au moyen de verre opaque et de rideaux et réduire l'éclairage intérieur; on peut résoudre le problème des poussières et du sable en limitant au minimum le nombre des ouvertures et en assurant le nettoyage général des locaux. Si l'humidité est réduite, par exemple 10 à 20% d'humidité relative, on doit utiliser des humidificateurs portatifs qui augmenteront l'hygrométrie des locaux. L'humidification est beaucoup moins coûteuse que la déshumidification et elle offre certains avantages dans ces régions, encore qu'un réglage précis soit impossible.

Dans les régions humides, les moisissures constituent le principal agent de détérioration. On peut les maîtriser au moyen d'une ventilation suffisante, d'une inspection régulière et par l'emploi de fongicides. Tous les documents entreposés doivent être emballés sans être serrés, ou placés sur des rayonnages de telle sorte qu'ils ne soient pas comprimés. Les rayonnages, les étagères et le rangement des documents dans les magasins doivent être conçus de telle sorte que l'air puisse circuler librement entre eux afin d'éviter des poches d'air stagnant. Si l'on décèle une infestation, la zone devra être isolée et il faudra procéder à une fumigation.

Dans les magasins une trop forte humidité peut être diminuée au moyen de déshumidificateurs. Il existe deux modèles de ces machines; l'une d'elles fonctionne selon le principe de la réfrigération: l'humidité atmosphérique condensée est recueillie dans un réservoir et rejetée à certains intervalles; l'autre type fonctionne au moyen d'un déshydratant chimique, en général du gel de silice. Si l'on utilise des appareils de ce genre, il est nécessaire que l'atmosphère de la salle soit contrôlée au moyen d'une ventilation adéquate et en faisant circuler l'air au moyen de ventilateurs électriques.

Pour assurer la régulation de l'humidité relative dans une salle, on peut installer un appareil de chauffage électrique muni d'un ventilateur ou d'un distributeur d'air chaud. Cette méthode a été utilisée à Sri Lanka pour protéger des dépôts contre l'attaque des moisissures. Dans certaines régions de Sri Lanka, une humidité relative de 90% à une température de 30 °C persiste pendant une grande partie de l'année. En portant la température à 35 °C, on ramène facilement l'humidité relative à 70%.

Risques d'incendie

L'incendie résulte souvent d'un court-circuit électrique. Il est donc extrêmement important que dans un bâtiment d'archives, les installations électriques soient correctement posées. Tous les câbles électriques doivent être placés sous gaine et l'interrupteur central doit être placé à l'extérieur des magasins; toute la zone des magasins doit être protégée contre l'incendie. Si cela est possible, elle doit être divisée en compartiments coupe-feu, comme c'est le cas dans les nouveaux locaux de l'India Office Library de Londres. Toutes les gaines passant d'un compartiment à l'autre, telles que les gaines de climatisation, doivent être munies de dispositifs mécaniques permettant d'isoler complètement en cas d'urgence la zone où le feu s'est déclaré. Il est souhaitable de prévoir des sorties de secours dans tous les planchers des magasins afin que les documents précieux puissent être mis en lieu sûr en cas d'urgence.

Pour localiser la zone où le feu s'est déclaré et prendre des mesures rapides, un système de détection de l'incendie doit être installé dans le bâtiment; il existe plusieurs types d'appareils

de ce genre. L'alerte peut être donnée lorsque la température en un point quelconque du bâtiment atteint une valeur déterminée à l'avance, ou par détection aux fumées à l'aide de cellules spéciales installées en différents points du bâtiment.

On doit également prévoir un matériel suffisant de lutte contre l'incendie installé dans des emplacements appropriés et facilement accessibles en cas d'urgence. Il existe différents types d'extincteurs (à eau, au gaz carbonique ou à mousse chimique). Ils sont tous satisfaisants selon le lieu où ils sont utilisés. Par exemple, dans les laboratoires et les ateliers de reproduction photographique, il est préférable d'utiliser des extincteurs à mousse chimique, tandis que les extincteurs au gaz carbonique conviennent dans les magasins. Pour combattre un incendie important, des postes d'eau doivent être installés dans des points bien choisis. Toutes les installations de lutte contre l'incendie et le système de détection doivent faire l'objet de contrôles à intervalles réguliers pour les maintenir en état de fonctionnement. Le personnel qui travaille dans les dépôts d'archives doit recevoir des instructions et de temps à autre procéder à des exercices.

Rayonnages

Les rayonnages qu'on peut se procurer diffèrent par la conception, la résistance et la capacité. Pour les archives, les rayonnages doivent offrir le maximum d'espace pour un coût minimal. Ils doivent autant que possible être réglables et assurer une protection suffisante contre l'incendie, les insectes, etc., et faciliter au maximum le service. En règle générale, les rayonnages doivent être conçus et montés de telle sorte qu'aucun document ne se trouve hors d'atteinte depuis le plancher du magasin. Tous les rayonnages doivent avoir les mêmes dimensions et ils doivent être interchangeables et réglables à différentes hauteurs.

Ils peuvent être munis d'un support mural, fixés sur des montants verticaux permettant de les régler, ou mobiles. Des rayonnages réglables en acier fixés sur des montants verticaux, maintenus à des distances égales, sont satisfaisants pour l'entreposage des archives. Les épis de rayonnages doivent être disposés de telle sorte que les allées centrales et latérales ménagent un espace suffisant pour le service et la circulation des archives sur les chariots, etc.

Les rayonnages d'archives doivent être fonctionnels, durables, faciles à nettoyer, de conception simple et ils doivent conférer le maximum de protection aux documents.

Si l'on installe des rayonnages métalliques, ils doivent être peints pour éviter la rouille. La peinture ne doit pas être nocive pour les documents. Tous les rayonnages d'acier doivent de préférence avoir un certain nombre de perforations pour permettre la circulation de l'air et empêcher la condensation de l'humidité. Si l'on installe des rayonnages en bois, le bois doit être prétraité contre l'attaque des termites ou, s'ils sont déjà installés, ils doivent être traités au moyen de produits de protection. Les rayonnages et les supports ne doivent pas présenter d'angles vifs pouvant endommager les documents.

Rangement

Les collections des dépôts d'archives diffèrent quant au volume, à la forme, au format et elles se composent en général de volumes reliés, de feuillets isolés, de dossiers, de manuscrits, de cartes, de dessins, de photographies, d'imprimés, etc. Les volumes reliés doivent être rangés verticalement, c'est-à-dire sur la tranche inférieure, le poids du volume reposant sur les cartons, ou rangés à plat. Ils ne doivent pas être comprimés sur les rayonnages. L'emploi de serre-livres permet de ranger les volumes correctement. Lorsqu'ils sont rangés à plat, il ne faut pas mettre plus de trois ou quatre volumes l'un au-dessus de l'autre.

Les feuillets isolés et les dossiers sont d'abord munis de couvertures protectrices ou de chemises, puis placés à l'intérieur d'une boîte en carton ou contre-plaqué de bonne qualité. Ces boîtes sont en général d'une seule pièce et ont des attaches en métal inoxydable. Elles sont légères et commodes et elles peuvent être rangées facilement sur les étagères. Ces boîtes sont en usage dans presque tous les dépôts d'archives du monde. Dans certains dépôts, tels que les Archives nationales de New Delhi, les feuillets isolés rangés sous une couverture ou dans des chemises sont placés dans des cartons rigides. Des planchettes de contre-plaqué à cinq plis, dont la dimension est supérieure à celle de la liasse, sont utilisées de telle sorte que la ficelle qui sert à les attacher n'entre pas en contact avec ces liasses, ce qui évite tout dom-

mage au papier du document. Des plaques de plastique ou d'aluminium sont également très utiles.

Pour le rangement des cartes et des dessins, on utilise des meubles de classement métalliques. Les grandes cartes sont coupées en sections et rangées à plat dans ces meubles. Les cartes sont souvent de grandes dimensions et difficiles à consulter; il est donc recommandé de placer les meubles dans lesquels elles sont rangées près des tables de travail. Les grandes cartes, si on désire les conserver roulées, peuvent être accrochées sur des supports spéciaux fixés dans les murs, ou suspendues dans des armoires.

Tous les documents doivent être accessibles. Dans certains cas, toutefois, la hauteur des rayonnages est telle qu'elle nécessite l'emploi d'escabeaux ou d'échelles à plate-forme pour atteindre les documents qui se trouvent au sommet des rayonnages; ces échelles doivent être munies de roulettes pour faciliter leur déplacement. Pour transporter les documents d'un lieu à l'autre, il faut utiliser des chariots de service. Pour le transport des documents d'un étage à l'autre, des dispositifs de transmission électrique doivent être installés afin de faciliter les échanges et épargner du temps et de la main d'œuvre.

Dépoussiérage

Dans un dépôt d'archives l'appareil le plus important est l'aspirateur pour dépoussiérer les documents. Malgré les mesures prises lors de la construction et malgré la climatisation, la poussière finit par se déposer sur les documents; il est recommandé de procéder à un dépoussiérage régulier dans les magasins au moyen d'un aspirateur. Tout dépôt d'archives devrait disposer d'un service de dépoussiérage qui passerait à l'aspirateur tous les documents au moins une fois par an.

La poussière est nuisible aux documents d'archives et elle peut provoquer des dégâts importants, car elle contient des particules dures qui ont un effet abrasif sur le papier et d'autres matériaux analogues; en outre, elle le rend sensible aux attaques des champignons. La poussière se compose essentiellement de particules organiques et constitue un milieu favorable pour les bactéries qui tachent le document ou l'endommagent par leurs excrétions acides. D'autre part, elle est nocive pour les personnes

qui travaillent dans les magasins. Le personnel chargé du dépoussiérage doit revêtir un masque antipoussière; un sac de toile contenant du coton hydrophile qu'on peut changer de temps à autre est efficace. Dans les magasins non climatisés, il est nécessaire de pulvériser des insecticides et des produits de conservation sur les murs, sous les rayonnages, derrière les armoires, dans les angles, etc. On peut utiliser des pulvérisateurs à main, des pulvérisateurs électriques, à pression ou tout autre équipement semblable. Cependant, on ne doit utiliser que des produits chimiques dont les effets sur la durabilité et la permanence du papier et autres matières cellulosiques ont été convenablement expérimentés.

Aux premiers signes d'une augmentation de l'humidité, des mesures préventives, telles qu'elles ont été décrites ci-dessus, devront être prises. Le service chargé du dépoussiérage peut être d'une grande utilité en surveillant d'une façon constante les hygromètres et en signalant la présence de champignons.

10 Conservation des microfilms et des enregistrements sonores

Presque tous les dépôts d'archives ont reçu ou reçoivent des microfilms, des épreuves photographiques sur pellicule et sur papier, des négatifs et, dans certains cas, des films et des épreuves en couleur, ainsi que des enregistrements sonores qui doivent être conservés avec soin.

Microfilms

Le microfilm est devenu un moyen de diffusion et d'utilisation des documents d'archives, ainsi que de sécurité pour la sauvegarde de ces documents, devenu inséparable de la bonne gestion d'un dépôt d'archives. Pour assurer la bonne conservation des microfilms, il est indispensable de connaître les matériaux utilisés pour leur fabrication et leur traitement et les précautions à prendre pour leur manipulation et leur rangement.

Support

Des recherches considérables ont été consacrées à l'aspect technique de la production et des supports des émulsions des microfilms utilisés dans les services d'archives. Le film qui convient le mieux est un film à grain fin, à haut degré de résolution et à contraste élevé. Un film de sécurité avec support en acétate de cellulose sans azote est idéal; en revanche, les films dont le support est en nitrate de cellulose ne peuvent être utilisés. Des essais de vieillissement accéléré dans divers laboratoires, et des années d'expérience, ont démontré la stabilité chimique des

films d'acétate. De toute façon, dans un service d'archives, tous les films à support d'acétate (diacétate de cellulose, ou triacétate de cellulose, ou ester mélangés) doivent être conformes aux normes établies pour les films de sécurité de caractère permanent dans divers pays tels que les Etats-Unis d'Amérique, le Royaume-Uni, la République fédérale d'Allemagne, la France, l'Inde, etc.

Les films en couleur ne constituent pas de bons documents d'archives, car on sait que les couleurs pâlissent avec le temps. Toutefois, s'ils sont traités et entreposés en prenant les précautions recommandées par les fabricants, ces films conserveront leurs couleurs originales pendant de nombreuses années.

On dispose maintenant de films en polyester; des essais ont montré qu'ils sont équivalents aux films de triacétate de cellulose et qu'ils leur sont même supérieurs du point de vue de la permanence. Ils sont conformes aux normes établies pour les films de sécurité. Ils présentent un intérêt particulier dans des cas spéciaux exigeant une stabilité dimensionnelle et une résistance élevée ainsi qu'une grande résistance aux températures extrêmes. Toutefois, ils ne sont pas encore utilisés comme documents d'archives.

Traitement

Le traitement comporte le développement, le fixage, le lavage et le séchage du film exposé; chaque étape est importante pour assurer la stabilité du produit final. Par conséquent, seules les méthodes et les instructions recommandées doivent être suivies. Si l'opération est bien conduite, on obtient des images stables, sinon les images sont instables ou pâlissent.

Pour obtenir un film durable, il est nécessaire d'effectuer un lavage et un fixage complets; en d'autres termes, le produit final doit être dépourvu de sels d'argent et de tout autre sulfite résiduel. L'American Standards Association et le National Bureau of Standards ont établi des spécifications relatives à la quantité maximale de sels d'argent et d'hyposulfite résiduels et aux essais permettant de déterminer le succès ou la régulation des opérations de traitement. Des normes semblables ont été ou sont sur le point d'être adoptées dans d'autres pays.

Rangement

Bien que les films et les tirages photographiques soient stables, ils sont sensibles aux conditions ambiantes telles que l'humidité élevée et les variations de température, ainsi qu'à l'action de certains produits chimiques: hydrogène sulfuré, anhydride sulfureux, eau oxygénée et certaines vapeurs organiques. En outre, ils sont endommagés par l'eau et le feu. Ces facteurs doivent entrer en ligne de compte pour leur conservation.

Il faut éviter autant que possible le stockage à l'air humide et dont l'humidité relative dépasse 50%. Au-dessus de 60%, l'humidité relative favorise la croissance des champignons, tandis qu'une humidité très faible est la cause de fragilité et de gondolement et provoque des charges statiques. Pour assurer une protection à long terme, la seule solution pratique est une climatisation bien contrôlée. Une humidité relative de 40 à 50% et une température de 20 à 22 °C constituent les meilleures conditions, d'autant plus que la climatisation implique aussi le filtrage de l'air et l'élimination des éléments polluants.

Pour une bonne conservation, les microfilms doivent être rangés dans des armoires ininflammables et étanches à la poussière, de préférence en acier. La peinture doit être incombustible et ne pas provoquer de corrosion ou de taches. Les armoires doivent être conçues de telle sorte que l'air circule librement dans les compartiments et les tiroirs; elles doivent être conformes aux spécifications de la U.S. Fire Protection Association. Pour éviter les dégâts dus à l'eau provenant des lances à incendie et d'éventuelles inondations, les armoires doivent être placées au-dessus du rez-de-chaussée.

Les bobines de microfilms sont disposées dans des étuis en métal spécialement conçus qui peuvent être fermés au moyen d'un ruban élastique de bonne qualité, mais l'emploi de bandes de caoutchouc autour des bobines de microfilms doit être évité, car le caoutchouc contient des résidus sulfureux nocifs. De même l'emploi de ruban adhésif, de bande adhésive, de papier blanchi et de papier d'impression, tel que le papier journal, autour des microfilms, a un effet nocif et doit être évité.

Les films en bandes ou en feuilles et les tirages sur papier doivent être rangés à plat dans des enveloppes conformes aux spécifications relatives aux enveloppes pour négatifs. Les épreuves

sur papier ne doivent pas être mises en contact avec des feuilles plastiques contenant des plastifiants, car ces derniers nuisent à l'image. On a constaté que des feuilles d'aluminium et, dans une certaine mesure, de polyéthylène peuvent être utilisées comme feuilles intercalaires entre les épreuves sur papier et les négatifs.

L'original du microfilm négatif est conservé comme *master* des copies positives servant à la consultation. Le *master* doit être examiné régulièrement pour déceler toutes détériorations ou taches éventuelles. Aux premiers signes de détérioration des films traités, des copies doivent être tirées et entreposées en lieu sûr dans des conditions appropriées.

Taches

En 1963, certaines taches microscopiques furent observées, aux États-Unis, sur des microfilms de documents d'archives et d'autres documents publics. Ces taches microscopiques, désignées sous le nom de « défaut de type J » et appelées quelquefois « rougeole des microfilms », ont fait l'objet de recherches approfondies dans un certain nombre d'organismes américains tels que Recordak Group, Xerox Corporation, University Microfilm Inc. (Michigan), National Bureau of Standards, National Microfilm Association, etc.

Ces taches microscopiques sont des grains d'argent oxydé qui se sont déplacés dans l'émulsion et se sont redéposés sous forme de particules fines, mais d'une couleur rougeâtre bien définie. Elles apparaissent sur les négatifs de microfilms traités et sur les positifs dès la deuxième année, sous différentes formes, à savoir: taches circulaires de couleur jaunâtre ou rougeâtre dont la dimension varie de 1 à 6 millièmes de pouce et anneaux concentriques clairs et sombres. Ces taches attaquent parfois le texte photographié; les lettres sont déformées et paraissent plus claires et plus larges. Dans les rouleaux attaqués, on a trouvé ces taches sur les parties sans images, du début et de la fin de la bobine. Environ 10% des bobines étaient plus fortement atteintes, les taches apparaissant sur 60 à 90 centimètres de film.

Ces taches ne sont pas limitées aux microfilms; on les rencontre également sur d'autres types de films négatifs. Des études ont montré qu'elles sont causées par des influences externes.

La première cause – c'est aussi la plus évidente – paraît être l'entreposage. Il a été prouvé que cette détérioration pourrait être due au peroxyde, à l'ozone et à divers polluants de l'atmosphère industrielle tels que l'anhydride sulfureux et peut-être également aux radiations atomiques. On a constaté que ces défauts ou ces taches apparaissent surtout sur les films stockés dans une forte humidité ou dans une atmosphère polluée. Dans les services d'archives qui maintiennent dans leurs réserves une atmosphère strictement contrôlée, on a constaté que les microfilms étaient pratiquement indemnes de ces défauts.

Une autre cause qui a été citée est la surexposition ou un traitement peu soigneux. Ceci est confirmé par le fait que les taches sont particulièrement nombreuses sur les deux amorces (qui sont souvent très exposées pendant la prise de vue et ont de ce fait une densité moyenne élevée), sur le bord extrême des microfilms positifs et sur les rayures du film. Les zones de faible densité, telles que les images, sont relativement peu atteintes.

Méthodes préventives

L'une de ces méthodes consiste à entreposer les microfilms dans des conditions appropriées. On a remarqué que les conditions idéales de stockage sont une température de 20 à 22 °C et une humidité relative de 45 $\pm$ 5%. Il serait souhaitable que les microfilms d'archives soient entreposés dans un local frais et sec et où l'atmosphère ne contient aucun gaz ou vapeur oxydants. Le traitement à l'or des microfilms constitue une autre méthode de prévention; il peut être utilisé avec les machines à développer de grande capacité et les petites machines et, pour le moment, il apporte la meilleure solution à ce problème, quelles que soient les méthodes d'entreposage et de manipulation.

Ce procédé est simple: comme on l'a déjà indiqué, les taches sont produites par une oxydation locale des grains d'argent qui deviennent solubles, se déplacent ensuite dans la gélatine et se déposent sous forme de groupe de fines particules. Cette migration de l'argent provoque les taches. Il semble que le traitement de prévention à l'or empêche leur formation. Les microfilms sont d'abord plongés dans l'eau, puis dans une solution diluée de chlorure d'or et d'autres produits chimiques en solution dans l'eau, puis lavés à nouveau dans l'eau. A la fin de l'opéra-

tion, une couche microscopique d'or sans solution de continuité se dépose sur chaque grain d'argent. La quantité d'or nécessaire est très petite. Ce procédé est utilisé depuis quelques années par les photographes pour augmenter la permanence des tirages photographiques.

Des essais effectués sur des microfilms traités à l'or ont montré qu'ils avaient une résistance accrue aux taches ou au pâlissement provoqués en laboratoire. Eastman Kodak a publié une formule de traitement pour protéger les films contre l'oxydation; l'effet de ce traitement durerait plus de vingt ans. Bien qu'il s'agisse d'un métal précieux, ce traitement est relativement peu coûteux; une once d'or suffit à traiter plusieurs milliers de bobines de microfilms.

Dans un autre procédé qui a fait l'objet de recherches, on utilise un revêtement plastique de vernis à l'or qui dépose de l'or sur l'image.

Enregistrements sonores

Les enregistrements sonores sont soumis à des altérations pendant l'entreposage et au cours de la reproduction. Pour chaque type d'enregistrement, les mécanismes de dégradation les plus importants ont fait l'objet d'études, et des recommandations relatives aux conditions les plus favorables d'entreposage et de reproduction ont été formulées.

CAUSES DE DÉGRADATION

La dégradation des enregistrements sonores a pour cause le procédé de fabrication, la lumière, la chaleur, l'humidité, les poussières, la pollution atmosphérique et l'action des champignons, elle peut être physique ou chimique. Toutefois, ces modifications sont interdépendantes et se produisent simultanément dans la matière plastique. Elles ont pour conséquence une déformation permanente, la fragilité, le fendillement, la perte d'adhérence entre les couches, ou la perte de résistance.

Procédé de fabrication

La durée de vie d'un article en plastique, dans les conditions idéales, est une propriété qui est incorporée à l'article lorsqu'il est fabriqué. Les variables non contrôlées sont: la résine de base, les matériaux qui lui sont ajoutés pour obtenir les caractéristiques désirées et le procédé de fabrication. La présence de certains produits chimiques, même sous forme de traces, ou des changements dans les techniques de fabrication (durée, température, ou pression) provoquent des changements internes ou des modifications du solvant, qui amorcent une dégradation chimique du plastique.

Lumière et chaleur

La lumière, naturelle ou artificielle, est un agent de détérioration. Tous les enregistrements sonores sont sensibles aux rayons ultraviolets et sont détériorés par l'exposition à la lumière solaire et à la lumière artificielle riche en radiations de courte longueur d'onde.

D'autre part l'énergie thermique provoque des modifications physiques et chimiques. Les matières plastiques ont un coefficient de dilatation thermique élevé et une faible conductivité thermique; leur viscosité se modifie avec les changements de température. La combinaison de tous ces facteurs se traduit par des changements de dimension et de forme, provoquant ainsi une déformation permanente. On a constaté que les modifications chimiques sont accélérées par une hausse de la température; par exemple la vitesse de réaction est à peu près doublée pour une augmentation de température de 8 °C. D'autre part, une basse température crée certains problèmes tels qu'une fragilité extrême, une formation de cristaux de glace et une rupture due aux différents coefficients de dilatation des matériaux constitutifs.

Humidité

L'humidité est un agent de dégradation physique et chimique. Des changements du taux d'humidité provoquent des changements dimensionnels importants dans la matière plastique de base et dans les charges et modifie les propriétés physiques telles que

la résistance aux chocs. D'autre part, une humidité excessive provoque une modification chimique soit par hydrolyse, soit parce qu'elle agit comme catalyseur ou comme solvant. S'il y a hydrolyse, l'eau réagit directement avec la matière plastique de base. S'il y a catalyse, elle catalyse d'autres réactions. Comme solvant, elle permet les réactions qui ne se produisent qu'en solution. En outre, elle favorise la migration des composants d'un point à l'autre du matériau. Une humidité excessive provoque également une détérioration biologique.

Poussière

La poussière est un agent de dégradation physique et chimique des matériaux constitutifs des enregistrements sonores. La dégradation physique est provoquée par les rayures superficielles ou l'incrustation superficielle des particules de poussière qui diminuent les qualités de reproduction. En outre, la poussière n'est pas un matériau inerte: elle donne des radicaux acides ainsi que des ions métalliques qui catalysent les processus de dégradation. Une couche de poussière attire l'humidité qui est essentielle pour amorcer une réaction chimique sur les matériaux. Les matières thermoplastiques ont une charge électrostatique résultant du procédé de moulage; comme elles sont mauvais conducteurs, la charge de surface se maintient pendant longtemps et elle se renouvelle pendant la manipulation et la reproduction. Elle attire et maintient la poussière à la surface du matériau.

Oxygène

Selon la nature de la matière plastique et les conditions environnantes, l'oxygène peut provoquer des dégradations chimiques faibles ou très importantes. Par exemple, les modifications chimiques qui se produisent dans la matière plastique au cours du processus de fabrication, ou à l'exposition à la lumière et à la chaleur, constituent des bases pour les réactions d'oxydation qui aboutissent à la dégradation du plastique. On a observé que tous les matériaux fabriqués actuellement sont très stables vis-à-vis de l'oxygène en l'absence de lumière ou de température

excessive, de certaines traces d'impuretés et d'humidité excessive. On a également observé que des matériaux convenablement protégés ne sont pas atteints, même dans un environnement fortement contaminé.

Action des champignons

Les champignons sont une cause importante de détérioration des matières organiques utilisées pour les enregistrements sonores; ils consomment les plastifiants et modifient la surface par la variété et la nature de produits chimiques qu'ils fabriquent. Ils excrètent des enzymes et des acides qui attaquent non seulement le milieu nutritif, mais aussi d'autres matériaux. Les plastifiants, les charges et les diluants incorporés dans les supports d'enregistrements sonores constituent des éléments nutritifs excellents pour les champignons. Les résines de base résistent à l'attaque des champignons à l'exception du nitrate et de l'acétate de cellulose, et c'est l'acétate de cellulose qui résiste le mieux. En outre, de nombreux matériaux d'emballage utilisés pour le rangement contiennent des produits dont se nourrissent les champignons (hydrates de carbone, protéines, cires, cellulose et lignine).

Les champignons, pour être actifs et destructeurs, exigent une quantité suffisante d'humidité. La plupart des poussières et des déchets de coton sont, dans une certaine mesure, hygroscopiques et ils tendent à maintenir sur une surface un degré d'humidité plus élevé que celui qui s'y trouverait normalement. Les empreintes de doigts constituent également un milieu de culture adéquat.

D'autres agents biologiques, tels que les bactéries et les insectes, ne semblent pas causer de difficultés en ce qui concerne les enregistrements sonores.

Autres facteurs

La dégradation peut également être provoquée par la détérioration des matières constitutives d'un plastique, plastifiant, charges et diluants.

Les propriétés physiques d'une résine de base sont transformées pour obtenir les caractéristiques requises au moyen de plastifiants

qui peuvent disparaître soit par volatilisation extraction, exudation, *wicking*, soit par dégradation chimique ou consommation biologique. Cette disparition entraîne une dégradation chimique et se traduit par une altération de la matière plastique.

Les charges sont utilisées pour modifier les propriétés physiques d'une résine – c'est le cas pour les disques en gommelaque – ou pour une raison d'économie – c'est le cas des disques en vinyle. Ces charges sont protégées par leur enrobage en résine, mais elles peuvent être attaquées par tout agent qui diffuse dans la résine, tel que l'humidité due aux changements hygrométriques.

Un diluant est une substance organique mélangée à la résine de base. Il est moins stable que la résine de base et diminue la durée de vie potentielle de la matière plastique. Il est attaqué par les mêmes agents de détérioration que les autres matériaux organiques et la résine et il est sensible aux mêmes modifications de l'environnement.

DURÉE DE CONSERVATION

La plupart des enregistrements sonores ont été conçus pour leur qualité de reproduction et leur faible coût et non pour une longue conservation. Ils sont soumis aux dégradations physiques et chimiques à la suite de l'action d'agents de détérioration sur un certain nombre de matériaux qui les constituent. A l'heure actuelle, en raison de l'expérience limitée concernant le vieillissement des matériaux, il est impossible de prédire avec certitude leur durée de vie potentielle. Toutefois les études qui ont été effectuées permettent de dégager une certaine tendance et donnent une idée de cette durée de vie.

Disques à base d'acétate

Leur durée de conservation est limitée en raison de l'instabilité bien connue du matériau. On a constaté que, dans les conditions ordinaires d'entreposage, les disques en acétate des anciennes formules ont une durée de vie maximale d'environ 15 ans alors que les disques en acétate modernes ont une durée de vie plus longue.

Disques du type gomme-laque

Ces disques durent depuis plus de 50 ans et semblent encore en très bon état; cependant, certains d'entre eux se sont dégradés en moins de 10 ans. En général, ils semblent avoir une longue durée de vie s'ils sont protégés contre les effets nocifs de l'humidité, de la chaleur, des champignons, etc. La dégradation est lente, mais progressive, et on la remarque souvent par la diminution de souplesse des disques ou par l'usure résultant de l'utilisation.

Disques en vinyle

Ils sont résistants à la dégradation chimique dans les conditions ordinaires d'entreposage; toutefois, ils subissent une altération physique et deviennent si déformés qu'ils sont inutilisables. Une telle altération semble avoir beaucoup plus d'importance que la dégradation chimique; s'ils sont bien conservés, ils peuvent durer un siècle.

Bandes magnétiques

Elles subissent une dégradation physique et chimique. La plupart d'entre elles n'ont pas été conçues pour être conservées longtemps, mais pour leur qualité de reproduction et leur faible coût. Leur durée de vie est compromise par le réembobinage sous tension; une telle opération crée des pressions radiales élevées dans la bobine, qui diminuent en intensité depuis le moyeu vers l'extérieur. Cette pression cause une déformation longitudinale. On a constaté que toute irrégularité dans la distribution des tensions dans la bande se traduit par une déformation localisée permanente qui compromet sa qualité de reproduction. Les différences entre les propriétés du support et du revêtement se traduisent, en outre, par un ondulement, c'est-à-dire une déformation transversale de la bande. Une autre cause d'altération est la magnétisation; les bandes sont affectées par la magnétisation due à la température, au temps, aux champs continu et alternatif qui se traduisent souvent par une disparition de l'enregistrement. Si elles sont conservées dans des conditions optimales, leur durée est équivalente à la longévité potentielle qui leur a été incorporée pendant leur fabrication.

RECOMMANDATIONS POUR LE RANGEMENT

Disques de phonographe

Si l'on veut conserver des disques pendant longtemps, il est nécessaire de prendre certaines précautions pour les protéger de l'action de la chaleur, de la lumière, de l'humidité, des polluants atmosphériques, etc. Il faut s'assurer que, dans le local où ils sont entreposés, la température et l'humidité soient maintenues à un niveau relativement constant. Pour maintenir en permanence une humidité relative de 45 à 55%, et une température de 20 à 22 °C, il serait nécessaire de climatiser complètement le local. Si cela est impossible, les salles de reproduction et de rangement devraient répondre à ces conditions et, dans les autres, la température et l'humidité devraient être maintenues à un niveau à peu près constant. Le local doit être dépourvu de poussière; les disques doivent être nettoyés pour la reproduction et pour le rangement au moyen d'un appareil spécial tel que le Lektrostat Record Cleaning Kit fabriqué par Dexter Chemical Corporation (États-Unis). Pendant l'audition du disque, une solution d'éthylène glycol doit être appliquée modérément au moyen d'un pinceau et d'un tampon en mohair. On a constaté que l'époussetage et le nettoyage par pulvérisation ou au moyen d'un coton traité ou d'une éponge synthétique ou d'une ionisation radio-active ne sont pas satisfaisants.

Pour éviter les dégâts dus aux champignons, les disques doivent être nettoyés et rangés dans des matériaux dépourvus de matières nutritives pour les champignons. Au moment de l'emballage, l'humidité qui se trouve à la surface du disque doit être inférieure à la quantité nécessaire pour que les champignons soient actifs.

Des précautions doivent être prises en ce qui concerne l'éclairage du local de rangement, des salles d'audition et d'emballage. La lumière solaire ne devra pas pénétrer dans ces salles et l'éclairage artificiel produisant des radiations de courte longueur d'onde, par exemple certaines lampes fluorescentes à vapeurs de mercure, ne devra pas être utilisé.

Les sillons des disques ne doivent jamais être touchés avec les mains nues; les personnes qui les manipulent doivent porter des gants de caoutchouc. Les disques doivent être introduits dans leurs enveloppes, ou en être sortis, sans toucher les sillons

ou sans qu'un contact s'établisse entre les sillons et le matériau d'emballage. Les matériaux actuels du commerce utilisés pour l'emballage des disques sont tous inadéquats à tous points de vue. Un matériau d'emballage satisfaisant doit non seulement être résistant aux agents de dégradation, mais protéger les disques contre tout dégât. Il doit opposer une surface lisse au disque afin de permettre le retrait et l'insertion du disque sans qu'il y ait contact entre celui-ci et l'emballage. L'étui doit également avoir une certaine résistance de structure pour que les disques en vinyle et en gomme-laque ne se déforment pas. Il ne doit pas se déformer et provoquer une altération de la surface du disque due à des tensions de contact élevées. Un matériau composé de deux feuilles de polyéthylène, d'une feuille de carton et d'une feuille d'aluminium disposées en sandwich semble très satisfaisant.

Avant le rangement, le disque et l'enveloppe doivent être en équilibre avec une atmosphère dont l'humidité relative est de 50% et la température de 20 °C. Une salle de conditionnement est recommandée à cet effet. Lorsque le disque n'est pas exposé à un environnement optimal, il doit être conditionné pendant 24 heures avant d'être rangé. La teneur en humidité ne doit jamais être supérieure à celle qui est recommandée pour l'emballage, car le disque peut être endommagé.

Après avoir été placés dans leur étui, les disques doivent être rangés verticalement sans qu'une pression s'exerce à la surface; d'autre part, le disque ne doit pas avoir la possibilité de quitter la position verticale. Il existe deux méthodes pour y parvenir. Dans la première, on utilise une étagère à compartiments dans laquelle on peut placer 20 disques. On la remplit soit de disques placés dans leurs enveloppes, soit de disques dans leurs enveloppes et des éléments de remplacement, de telle sorte que les disques restent dans la position verticale et puissent être retirés ou déplacés sans exercer de force. Dans l'autre méthode, on utilise des étagères un peu plus hautes que le disque. Des pièces en métal sont fixées dans le haut et au bas de ces étagères pour soutenir chaque disque dans la position verticale, indépendamment des autres.

Des inspections périodiques permettront de déceler les déformations, l'action des champignons ou tout autre signe visible de détérioration. On pourra ainsi réenregistrer les disques si cela est nécessaire pour assurer leur conservation.

Bandes magnétiques

Les précautions à prendre pour la conservation des bandes magnétiques sont les mêmes que pour les disques en ce qui concerne la température, le contrôle de l'humidité, l'éclairage et le rangement. Toutefois, des précautions supplémentaires sont nécessaires dans l'emploi et l'entreposage des bandes magnétiques. Par exemple, les bandes doivent être enroulées uniquement sur des bobines métalliques avec moyeu non fendu; si les joues de ces bobines sont déformées, elles doivent être remplacées.

Les bobines doivent être conservées dans des étuis métalliques étanches ou dans des boîtes étanches dont le matériau est constitué par deux feuilles de polyéthylène, une feuille de carton et une feuille d'aluminium disposées en sandwich. Les bandes ne doivent être emballées que lorsqu'elles sont en équilibre avec l'atmosphère à 20 °C et 50% d'humidité relative. Les boîtes sont disposées sur des rayonnages.

Les salles d'emballage et d'audition et le local de rangement doivent être maintenus à la température et à l'humidité recommandées pour les disques. Mais lorsqu'il s'agit de bandes fragiles et rarement utilisées, elles doivent être entreposées dans des chambres spéciales à une température de 8 à 12 °C et une humidité relative de 45 à 50%.

Il faudra éviter la présence de champs magnétiques parasites dans le magasin et les salles d'écoute et d'emballage, car ils sont nocifs pour les bandes magnétiques. Tous les fils électriques sous tension ont des champs magnétiques. Par conséquent, tous les circuits électriques doivent être bien installés et équilibrés. Dans ce cas, ils ne causeront aucune difficulté, car les champs magnétiques s'annuleront.

La reproduction de bandes magnétiques doit être limitée au minimum nécessaire, car l'usure fera plus pour abréger la durée de vie d'un enregistrement sonore que tout autre facteur. Les bandes magnétiques souffrent plus des manipulations avant et après l'audition que de cette audition elle-même. Pour cette raison, il faut prendre soin de ne pas tordre, déchirer ou souiller la bande magnétique. On évitera les empreintes de doigts en portant des gants.

Les matériels utilisés pour la reproduction doivent être distincts de ceux utilisés pour l'enregistrement, afin d'éviter un effacement

accidentel pendant la reproduction. Les matériels et les bandes doivent être propres et secs pour assurer une bonne reproduction et éviter tout dommage aux enregistrements. La poussière et les particules magnétiques se fixent sur les têtes magnétiques et non seulement elles diminuent la qualité de la reproduction, mais elles usent la bande.

Les quinze premiers et les quinze derniers pieds (4,5 m) de la bande ne doivent pas être utilisés pour l'enregistrement afin que cette partie vierge de la bande soit utilisée pour l'inspection. Les bandes doivent être « vieillies » dans la salle d'emballage 6 mois avant l'enregistrement. Les bandes enregistrées qui n'ont pas été exposées aux conditions d'humidité et de température prescrites doivent être conditionnées dans la salle d'emballage 6 semaines avant l'emballage.

Les bandes doivent être inspectées et réembobinées après chaque audition. En outre, elles doivent être inspectées tous les deux ans et réembobinées afin que la courbure du support soit opposée à la direction de la courbure précédente. L'adhérence de la couche magnétique sur le support sera vérifiée à un point quelconque de la bande et près du moyeu; la reproduction n'est pas nécessaire.

Le réembobinage permettra de réduire la courbure due aux déformations et le phénomène d'écho. L'inspection et le réenbobinage réguliers limiteront en outre les effets cumulatifs de l'écho et feront apparaître la nécessité d'un réenregistrement de la bande avant que l'information qu'elle contient ait été détruite.

Les étagères de rangement doivent être en bois ou en métal amagnétique et soustraites aux vibrations ou aux chocs.

La longévité potentielle est une propriété qui est incorporée dans un article lorsqu'il est fabriqué. Le mieux qu'on puisse faire avec les enregistrements sonores actuels, c'est de les conserver dans des conditions optimales pour qu'ils durent jusqu'à leur terme et de les réenregistrer avant qu'ils soient inutilisables.

Annexe 1

Essais mécaniques et chimiques

ESSAIS MÉCANIQUES

Les essais mécaniques donnent une idée de la durabilité du papier. Les plus fréquemment utilisés sont les suivants.

Résistance à la traction. C'est une mesure de la résistance du papier à une traction directe. Elle est définie comme la force nécessaire pour rompre une feuille de papier d'une longueur spécifiée et d'une largeur de 15 mm. Elle est déterminée mécaniquement au moyen de machines du type Schopper ou Elmendrof qui sont calibrées pour mesurer l'allongement de l'échantillon avant la rupture.

Résistance à l'éclatement. Elle se mesure au moyen de la pression appliquée en une zone spécifique du papier au point de rupture. On utilise à cet effet des machines du type Mullen ou Schopper à lecture directe.

Résistance au pliage. Elle mesure le nombre de doubles plis que le papier supportera avant que sa résistance à la traction tombe en dessous d'une valeur standard de 1 kg. On utilise des machines de type MIT ou Schopper. C'est un des essais les plus importants et il est fréquemment utilisé pour déterminer la durabilité du papier.

Résistance à la déchirure interne. C'est une mesure de la résistance du papier à la déchirure. La force appliquée pour étendre une déchirure dans le papier jusqu'à une distance fixée, après que la déchirure a été faite au moyen d'un couteau fixé sur l'instrument, exprime sa résistance à la déchirure. On utilise pour cette mesure le déchiromètre Elmendroff.

Résistance à la déchirure des bords. C'est la force nécessaire pour amorcer la déchirure au bord du papier. Cette propriété est probablement plus importante que la résistance à la déchirure interne, qui est la force moyenne nécessaire pour continuer la déchirure une fois qu'elle a commencé. Avant qu'un échantillon de papier soit soumis à ces essais mécaniques, il doit être conditionné et testé selon les spécifications

et les méthodes établies par la Technical Association for Pulp and Paper Industry (TAPPI) des Etats-Unis. D'autres pays ont adopté des spécifications semblables.

ESSAIS CHIMIQUES

Teneur en alpha-cellulose. La pureté de la cellulose a une incidence directe sur la durée de vie du papier. Elle est déterminée en mesurant la teneur en alpha-cellulose. C'est cette partie de la cellulose dans le papier qui est insoluble dans une solution à 17,5% d'hydroxyde de sodium dans des conditions spécifiques. Les papiers ayant une teneur élevée en alpha-cellulose contiennent des chiffons de qualité supérieure ou des pâtes chimiques très pures et ils se caractérisent par un degré élevé de stabilité.

Indice de cuivre. La partie de la cellulose qui est hydrolysée donne une mesure des impuretés et elle est exprimée en indice de cuivre. Celui-ci est défini comme le nombre de grammes de cuivre métallique dans un oxyde cuivreux qui est réduit par 100 grammes de papier désintégré lorsqu'il est traité avec une solution alcaline de sulfate de cuivre. L'indice de cuivre est influencé par la présence d'agents réducteurs non fibreux. Un faible indice de cuivre dénote une stabilité des fibres.

Acidité. L'acidité du papier est déterminée par son *p*H au moyen d'un *p*H-mètre. Le degré d'acidité ou d'alcalinité est exprimé sur une échelle de *p*H de 0 à 14 dans laquelle la neutralité correspond à la valeur *p*H = 7,0. Les valeurs en dessous de ce chiffre indiquent une acidité qui augmente au fur et à mesure que le chiffre diminue et les valeurs supérieures à 7,0 indiquent un accroissement de l'alcalinité. Les papiers dont le *p*H est inférieur à 6,0 ne conviennent pas pour des archives permanentes. La détermination des autres facteurs exposés ci-dessus ne fera que le confirmer.

Essai de vieillissement accéléré. Dans cet essai les bandes de papier sont chauffées dans une étuve à 100 °C pendant 72 heures, puis soumises à l'essai de résistance au pliage. On utilise ce type d'essai parce que ses résultats sont plus sensibles que ceux de l'essai de traction aux variations résultant du vieillissement naturel ou accéléré.

Annexe 2

Quelques formules d'encres

Encre standard pour écriture

Acide gallique 10 g	Acide tartrique 1 g
Sulfate ferreux 15 g	Bleu soluble 3,5 g

Eau pour faire un litre

Encre standard pour copie et archives

Acide tannique 23,40 g	Acide chlorhydrique 25 g
Acide gallique 7,70 g	Acide carbolique 1 g
Sulfate ferreux 30 g	Bleu soluble 3,50 g

Eau pour faire un litre

Encre standard pour stylo

Acide tannique 4,50 g	Acide chlorhydrique 6 g
Acide gallique 1,50 g	Phénol 1 g
Sulfate ferreux 10 g	Couleur soluble 1 g

Eau pour faire un litre

Caractéristiques

Encre à stylo à base de sel de fer et d'acide gallo-tannique (à 0,2% de Fe)

1. Matières solides totales (g/100 ml, maximum) 2,50
2. Teneur en fer (g/100 ml, maximum) 0,20
3. Rapport extrait d'acétate d'éthyle/fer (minimum) 3,00
4. Absorption d'iode par un extrait d'acétate d'éthyle (% en poids, minimum) 500
5. Corrosion (% en poids, maximum) 5,00
6. Teinte et couleur désirées

Encre bleu-noir pour archives permanentes

1. Matières solides totales (g/100 ml, maximum) 6,50
2. Teneur en fer (g/100 ml, maximum) 0,40
3. Rapport extrait d'acétate d'éthyle/fer (minimum) 3,0 à 7,0
4. Absorption d'iode par un extrait d'acétate d'éthyle (% en poids, minimum) 500
5. Corrosion (% en poids, maximum) 8
6. Teinte et intensité de la couleur désirées

Annexe 3

Colles de pâte

Colle à la dextrine

Dextrine 2,5 kg — Safrol 40 g
Eau 4 kg — Carbonate de baryum 40 g
Essence de girofle 40 g

Verser lentement la dextrine dans de l'eau à 90 °C. Remuer énergiquement pour empêcher la formation de grumeaux et rendre le mélange homogène. Ajouter le carbonate de baryum, remuer, puis ajouter l'essence de girofle et le safrol. Faire cuire ensuite de 6 à 8 minutes.

Colle liquide à l'amidon

Amidon 250 g — Safrol 40 g
Eau 5 kg — Carbonate de baryum 40 g
Essence de girofle 40 g

Le mode de préparation est le même que pour la colle à la dextrine. (On peut remplacer l'amidon par de la farine de blé.)

Colle d'amidon

Amidon 200 g — Sulfate de cuivre 2 à 3 g
Eau 1 litre — Glycérine 2 g

On prépare la colle selon la méthode usuelle. Ajouter la glycérine après la cuisson et bien mélanger. (On peut remplacer l'amidon par de la farine de blé.)

Colle à la farine de blé

Farine de blé 250 g — Formaline 10 gouttes
Eau 1 litre

On ajoute la formaline après cuisson.

Colle à la farine de riz

Farine de riz 250 g — Eau 2,5 litres

Délayer la farine avec une petite quantité d'eau pour obtenir une crème épaisse. Faire bouillir le reste d'eau à gros bouillons et en verser environ la moitié sur la préparation en remuant énergiquement. Quand la pâte

est onctueuse, ajouter de l'eau bouillante jusqu'à la consistance désirée et laisser refroidir.

Autre formule pour travaux de réparation

Colle de riz 80-85% — Alcool polyvinylique (hydrolyse moyenne et degré moyen de polymérisation) 15-20%

Faire dissoudre l'alcool polyvinylique dans un peu d'eau pour obtenir une pâte onctueuse. Ajouter le reste de l'eau pour faire une solution à 15%. L'alcool polyvinylique se dissout complètement au bain-marie. (Rapport colle de pâte/eau: ¼.)

Ajouter un peu d'eau pour assouplir la pâte et bien mélanger les deux solutions. Verser le produit dans de l'eau bouillante tout en remuant constamment. Continuer le chauffage au bain-marie, en remuant de temps en temps. Quand la pâte est à peu près transparente, elle est prête à l'emploi. Ajouter un antiseptique et mélanger soigneusement.

Annexe 4

Préparations pour le cuir

Huile de pied de bœuf pure (20 °C; essai à froid) 25% en poids
Lanoline anhydre 17,5% en poids
Cire du Japon pure 10% en poids
Stéarate de sodium en poudre 2,5% en poids
Eau distillée 45% en poids

Mélanger la lanoline, la cire et l'huile. Ajouter l'eau et remuer énergiquement. Ajouter le stéarate de sodium.

II

Lanoline anhydre 55% en poids
Huile de baleine 25% en poids
Cire du Japon pure 15% en poids
Stéarate de sodium 5% en poids

Faire fondre la lanoline et la cire. Ajouter l'huile de baleine. Ajouter le stéarate de sodium, mélanger et remuer énergiquement.

III

Huile de pied de bœuf pure 60%
Lanoline anhydre 40%

Faire fondre au bain-marie; laisser refroidir avant emploi.

IV

Lactate de potassium 7%
Lactate de potassium (solution à 50%) 56 g
Eau distillée 0,56 litre
Paranitrophénol 1,41 g

V

Lanoline anhydre 198 g
Huile de bois de cèdre 28,35 g
Cire d'abeille 14 g
Hexane 311 g

Annexe 5

Matériel pour la restauration et la reliure

Le matériel recommandé pour les travaux de restauration et de reliure, pour une, quatre et dix personnes, est le suivant.

Matériel	Une personne	Quatre personnes	Dix personnes
Restauration			
1. Plats creux pour la colle de pâte (⌀ 15 cm)	1	4	10
2. Coupelles pour la colle à la dextrine (⌀ 10 cm)	1	4	10
3. Pinceau de peintre (25 à 37 mm)	1	4	10
4. Ciseaux pointus (20 cm)	1	4	10
5. Couteaux (lame de 7,5 cm)	1	4	10
6. Pointe, extrémité triangulaire (17 cm)	1	4	10
7. Règle graduée en acier ou plastique (100 cm)	1	4	10
8. Équerre	1	1	2
9. Récipient pour préparer la colle de pâte	1	1	1
10. Récipient pour préparer la colle à la dextrine	–	–	1
11. Cuvettes émaillées	2	4	8
12. Fers électriques	1	2	3
13. Tables à plateau de verre	1	4	10
14. Égouttoirs	1	1	4
Reliure			
1. Presse à plat	1	2	4
2. Ais de pressage (40 cm)	1 paire	2 paires	5 paires
3. Ais d'endossage (40 cm)	1 paire	2 paires	5 paires
4. Cisaille à carton (45 cm ou plus)	1	1	3

Matériel	Une personne	Quatre personnes	Dix personnes
5. Pot à colle électrique (0,56 litre) AC/200-250 V	1	1	2
6. Marteau à endosser de cordonnier (45 g)	1	2	5
7. Ciseaux pour couper le cuir et la toile (25 cm)	1	2	5
8. Couteaux (lame de 8 cm)	1	4	10
9. Couteau à parer	1	1	3
10. Fermoir (lames de 5 et de 15 cm)	1	1	3
11. Poinçon	1	1	3
12. Pointe (18 cm)	1	4	10
13. Équerre	1	1	2
14. Pinceau à colle rond	1	1	5
15. Aiguilles	1 douz.	1 douz.	3 douz.
16. Petite presse à percussion	1	4	10
17. Grande presse à percussion	1	2	4
18. Matériel pour la dorure	1	1	1
19. Massicot	1	1	1
20. Tables ordinaires	1	4	10
Matériel de laboratoire			
1. Table de manipulations	1	–	–
2. Sorbonne	1	–	–
3. Balance ordinaire	1	–	–
4. Balance de précision	1	–	–
5. Appareil à distiller l'eau	1	–	–
6. *p*H-mètre (modèle Beckman ou Pye)	1	–	–
7. Microscope (Bauch et Lomb ou Carl Zeiss)	1	–	–
8. Bain-marie	1	–	–
9. Plaques chauffantes	4	–	–
10. Four à moufle	1	–	–
11. Mélangeur électrique	1	–	–
12. Machine pour essais d'endurance au pliage	1	–	–
13. Lampe à ultraviolets	1	–	–
14. Caméra Grafflex	1	–	–
15. Bacs de désacidification, à chauffage électrique	2	–	–
16. Support pour le lavage	4	–	–
17. Grandes cuvettes	8	–	–
18. Tamis métalliques	10 paires	–	–
19. Tamis en plastique	10 paires	–	–

Annexe 6

Normes de production [1]

1. Lavage/désacidification	400 feuilles
2. Petites réparations	120 feuilles
3. Réparations au papier de soie	50 à 70 feuilles
4. Encollage	400 feuilles
5. Montage sur onglets	480 feuilles
6. Cousage	640 feuilles
7. Reliure	2 à 3 volumes
8. Outillage	10 volumes
9. Lamination par solvant (Acétate de cellulose, papier de soie et acétone)	80 à 100 feuilles

1. Ces normes sont analogues à celles qui ont été adoptées à Florence et sont calculées par personne et par jour.

Annexe 7

Quelques adresses

PAPIER DE SOIE

Andrews/Nelson/Whitehead Inc., 7 Laight Street, New York, N. Y. 10013 (États-Unis d'Amérique).
International Inspection Service, Central P. O. Box 1539, Tokyo (Japon).
Lawrence and Co., London (Royaume-Uni).
John A. Manning Paper Company, Troya, New York (États-Unis d'Amérique).
Charles Morgan & Co. Ltd., Gateway House, Watling Street, London, E. C. 4, (Royaume-Uni).
Naohache Usami, Tokyo (Japon).
Oskar Vangerow, München (République fédérale d'Allemagne).
Wiggins, Teape and Alex Pirie (Export) Ltd., Gateway House, 1 Walting Street, London, E. C. 4 (Royaume-Uni).
Yasutomo and Co., 24 California Street, San Francisco, Cal. (États-Unis d'Amérique).

GAZE DE SOIE

Combier Silk Ltd., Langham House, 308 Regent Street, London, W. 1. (Royaume-Uni).
Government Silk Weaving Factory, Raj Bagh, Srinagar, Kashmir (Inde).
Lyon Nouveautés Textiles, 10, place Tolozan, Lyon (France).
Sauzet et Caponat, 68, rue de l'Hôtel-de-Ville, Lyon (France).
Transparo Company, P. O. Box 838, New Rochelle, N. Y. (États-Unis d'Amérique).

PAPIER FAIT A LA MAIN

Andrews/Nelson/Whitehead, Inc., 7 Laight Street, New York, N. Y. 10013 (États-Unis d'Amérique).
J. Barcham Green Ltd., Hayle Mill, Maidstone, Kent (Royaume-Uni).

W. S. Hodgkinson & Co. Ltd., 1 Tudor Street, London, E. C. 4, (Royaume-Uni).
Khadi and Village Industries Commission, Bombay (Inde).
Rougier et Plé, 13-15, boulevard des Filles-du-Calvaire, 75006 Paris (France).
Edvard Schneidler A. B., Malmskillnadsgatan 54, Stockholm (Suède).
Wiggins, Teape and Alex Pirie (Export) Ltd., Gateway House, 1 Walting Street, London E. C. 4 (Royaume-Uni).

PELLICULE D'ACÉTATE DE CELLULOSE[1]

Formule P-911

Amcel Europa, 251, avenue Louise, Bruxelles (Belgique). Agents généraux pour l'Europe.
Celanese Corporation of America, 49 Old Bond Street, London, W. 1. (Royaume-Uni).
Celanese Corporation of America, 180 Madison Avenue, New York 16, N. Y. (États-Unis d'Amérique).
Celanese Corporation of America, 8, place Vendôme, 75002 Paris (France).
Celanese Plastic Company, 744 Broad Street, New York, N. J. 07102, (États-Unis d'Amérique).
Plastica Repenning K. G., Anderalstr, 26-Hamburg (République fédérale d'Allemagne).
Soc. Usvico, via Generale Albricci 8, Milano (Italie).
Yuen Hing Hong & Co. Ltd., P. O. Box 2016, Hong-kong.

Formule 88 CA-148

Du Pont Company (United Kingdom) Ltd., 18 Bream's Buildings, Fetter Lane, London E. C. 4. (Royaume-Uni).
E. I. Du Pont de Nemours Inc., Wilmington 98, Del (États-Unis d'Amérique) Formule 88 CA-48.
Du Pont de Nemours (Deutschland) GmbH, Bismarckstrasse 95, 4000 Dusseldorf (République fédérale d'Allemagne).
Du Pont de Nemours (France) S. A., 9, rue de Vienne, 75 008 Paris (France).
Du Pont de Nemours International, S. A., 81, rue de l'Aire, CH 1211, Genève 24 (Suisse).
Société de chimie et d'entreprises, 55, rue La Boétie, Paris (France). Film 20 microns et 25 microns.

1. La pellicule d'acétate de cellulose est vendue en rouleaux ou en rames de divers formats. En rouleaux, elle coûte beaucoup moins cher.

MATÉRIEL POUR LA LAMINATION

Presse à plat ou hydraulique

Baldwin-Lima-Hamilton, Department 1565, Industrial Equipment Division, Philadelphia, Pa. (États-Unis d'Amérique).
Drake Corporation, 641 Robbins Road, Grand Haven, Mich. 49417 (États-Unis d'Amérique).
Eire Foundry Company. 12th and Cranberry Streets, Eire, Pa. 16512 (États-Unis d'Amérique).
Emry Company Inc., 11411, Bradley Avenue, Patomia, Calif. 91331 (États-Unis d'Amérique).
The French Oil Mill Machinery Company, 1058 Greene Street, Piqua, Ohio 45366 (États-Unis d'Amérique).

Presse rotative ou à rouleaux

The Arbee Company Inc., 6 Carlemont Road, Bernardeville, N. J. 07924 (États-Unis d'Amérique).
W. J. Barrow Restoration Shop, State Library Building, Richmond, Va. 23219 (États-Unis d'Amérique).
Erwin Kampf, Maschiwenfabrik, Postfach 64, D-5286, Bielstein, Rheinland (République fédérale d'Allemagne).
K. Hennecke, Birlenghoven Siegkreis (République fédérale d'Allemagne).

Machine à laminer par solvant

M/s Omnia Industrie, 8, cité d'Hauteville, 75010 Paris (France).
Mašino-Impex Laminator (Impregnator),
Zagreb, Varsawska-9 P. O. Box 02-822 (Yougoslavie).

MATÉRIEL DE FUMIGATION SOUS VIDE

American Machine and Foundry Company, Tobbacco Group, Richmond, Va. (États-Unis d'Amérique). Ce matériel a été d'abord fabriqué par Guardite Corporation, qui a été rachetée par cette société.
J. P. Devine Manufacturing Company, Pittsburgh, Pa. (États-Unis d'Amérique).
Minnesota Mining and Manufacturing Company, Medical Products Division, St. Paul, Minn. 65119, (États-Unis d'Amérique).
Vacudyne Corporation, 375 Bast Joc Orr Road, Chicago Heights, Chicago, Ill., (États-Unis d'Amérique).

Pour les autres matériels, humidificateurs, aspirateurs, adhésifs, cuir, toile, et autres matériels de réparation et de reliure, lampes à ultra-violets et matériels photographiques, fongicides, insecticides, on peut s'adresser au commerce local. On les trouve dans presque tous les pays.

Bibliographie

AGARWALD, O. P.; BISHT, A. S. Non aqueous deacidification and conservation of an Indian illustrated Mss. leaf. *Proceedings of the IV Seminar of Indian Association*, p. 25-28. 1969.

Air Conditioning and lighting from the point of view of conservation. *Museum journal* 63 (1, 2), 1963.

ALMELA MELIA, J. *Manual de reparación y conservación de libros, estampas y manuscriptos*. Mexico, Pan American Institute of Geography and History, 1949. (Publication n° 95.)

AMERICAN PULP AND PAPER ASSOCIATION. *The directory of paper and paper-making terms*. 3e éd. 1957.

American standard methods for predicting the permanency of silver images of processed films. New York, U. S. Standards Institute, 1948.

ANDERSON, A. R.; THOMAS, J. M. *Encyclopaedia of chemical technology* p. 832-851. 2e éd. New York, J. Wiley and Sons, 1963.

Die Archivtechnische Woche der Archivschule. Marburg, 1957. (Veröffentlichungen der Archivschule Marburg, Institut für Archivwissenchaft.)

ARMITAGE, F. D. The cause of mildew and methods of preservation. *Printing, packaging and allied trades research Association. Bulletin n°* 8, Leatherhead, 1949.

BANKS, P. N. Paper cleaning. *Restaurator*, 10, 1969, p. 52-66.

BARROW, W. J. Block writing ink of the colonial period. *The American archivist* (Washington), 11, 1948, p. 291-307.

——. *Procedures and equipment in the Barrow method of restoring manuscripts and documents*. Richmond, 1952.

——. *Manuscripts and documents. Their deterioration and restoration*. Charlottesville, 1955.

——. *Deterioration of book stocks. Causes and remedies*. Richmond, Virginia State Library, 1959. (Publication n° 10.)

——. *The manufacture and testing of durable book papers*. Richmond, Virginia State Library, 1960. (Publication n° 13.)

——. *Permanent durable book paper*. Richmond, Virginia State Library, 1960. (Publication n° 16.)

——. *Two year research programme*. Vol. I de *Permanence and durability of the book*. Richmond, Virginia State Library, 1963.

——. *Test data of naturally aged paper.* Vol. II de *Permanence and durability of the book.* Richmond, Virginia State Library, 1964.
——. *Spray deacidification.* Vol. III de *Permanence and durability of the book.* Richmond, Virginia State Library, 1964.
——. *Polyvinyl acetate (PVA) adhesives for use in library bookbindings.* Vol. IV de *Permanence and durability of the book.* Richmond, Virginia State Library, 1965.
——. *Strength and other characteristics of book papers, 1800-1899.* Vol. V de *Permanence and durability of the book.* Richmond, Virginia State Library, 1967.
——. Archival file folders. *The American archivist,* (Washington), 28, 1965, p. 125-128.
——. *The Barrow method of restoring deteriorated documents.* Richmond, Barrow Research Laboratory, 1966.
——; SPROULL, R. C. Permanence in book papers. *Science,* 129, 1959, p. 1075-1084.
BAYNES-COPE, A. D. The non-aqueous deacidification of documents. *Restaurator,* 1, 1969, p. 2-9.
BEADLE, C. The recent history of paper making. *Journal of the Royal Society of Arts,* 46, 1898, p. 405-417.
BELANKAYA, N. G. *Methods of restoration of books and documents.* Available as OTS 64-11054 from the Office of Technical Sciences. Washington D. C., U. S. Dent. of Commerce, 1964.
——; STRELTSOVA, J. N. *New methods for the restoration and preservation of documents and books.* Washington, National Science Foundation, 1964.
BELJAKOVA, L. A. Gamma-radiation as a disinfecting agent for books infested with mould spores. *Microbiologiya,* 29, 1960, p. 762-765.
——. *Collection of materials on the preservation of library resources.* Vol. I URSS, Lenin State Library, 1964.
——; KOZULINA, O. La préservation des livres dans les bibliothèques de l'URSS. *Bulletin de l'Unesco à l'intention des bibliothèques,* Vol. XV, 1961, p. 211-215.
BHARGAVA, K. D. *Repair and preservation of records.* New Delhi, National Archives, 1967.
BHOVMIK, S. K. A non-aqueous method for the restoration of Indian miniature paintings. *Studies in conservation,* 12, 1967, p. 116-117.
BIBIKOV, N. N.; FILIPPOVA, N. A. The electrochemical method of restoration of library materials. *Art and archaeology technical abstracts* 6 (2), 1966.
BLOMQUIST, R. F. *Adhesives past, present and future.* Philadelphia, American Society of Testing Materials, 1963.
BLUM, A. *On the origin of paper.* Traduction du français par H. M. LYDENBERG, New York, R. R. Bowker Co., 1934.
BRETT, C. H. Thysanurans: damage by and control of silverfish and firebrats. *Pest control,* p. 75-78, 1962.
British standards recommendation for storage of microfilms, BS 1153. 1954.
BRITT, K. W. *Handbook of pulp and paper technology.* New York, Reinhold Publishing Corp., 1964.

BUCK, R. P. An experiment in cooperative conservation. *Studies in conservation*, vol. 2, n° 3, 1956.
Buildings and equipments for archives. *Bulletin of the U. S. National Archives* (Washington, D. C.), 6.
CASEY, J. P. *Paper making*. 2 vol. New York, Inter Science Publishers, 1952.
Climatologie et conservation dans les musées. *Museum*, Vol. XIII, n° 4, 1960.
COCKERELL, D. *Book binding and the care of books*. 5e éd. London, Pitman, 1953.
COCKERELL, S. M. *The repairing of books*. London, Sheppard Press, 1958.
COLHOUN, J. M. The preservation of motion picture films. *The American archivist* (Washington), 30, 1967, p. 517-525.
COLLIS, I. P. The use of thymol for document fumigation. *Journal of the Society of Archivists* (London), 4 (1), 1970, p. 53-54.
The conservation of cultural property with special reference to tropical conditions in museums and monuments. Paris, Rome et New York, 1968. (International Center for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property, n° 11.)
Copying, Kodak Data Book No. M 1, Eastman Kodak Co., 1968.
CRABTREE, J. I.; EATON, G. T.; MUCHLER, L. E. Elimination of hypo from photographic images. *Journal of the Society of Motion Picture Engineers*, 35, 1940, p. 484-500.
CUNHA, G. D. M. *Conservation of library materials*. Metuchen, N. J. The Scarecrow Press, 1967.
DADIC, V.; RIBKIN, T. Techniques of delaminating polyethylene laminates. *Restaurator* 1 (3), 1970, p. 141-148.
DAHL, S. *History of the book*. Metuchen, N. J. The Scarecrow Press, 1958.
DIEL, E. *Book binding: its background and technique*. 2 vol. New York, Reinhold Publishing Corp., 1946.
DIRINGER, D. *The hand produced book*. London, Hutchinson and Co., 1953.
DUPUIS, R. N. Evaluation of Langwell's Vapour Phase Deacidification Process. *Restaurator* 1 (3), 1970, p. 149-162.
EDE, J. R. Steel shelving for record storage. *Journal of the Society of Archivists* (London) 2 (1), 1961.
——; LANGWELL, W. H. *Sulphur dioxide and vapour phase deacidification*. London, Conference at the International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 1968.
——; ——. *Vapour phase deacidification of books and documents*. London, Conference at the International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 1968.
ELLIS, R. *The principles of archive repair*. London School of Printing and Graphic Arts, 1951.
État des microfilms de sécurité conservés aux Archives nationales, Paris, 1962.
EVANS, D. M. The Protection of books against insects: a short review of existing methods. *Printing, Packaging and Allied Trades Research Association Bulletin* n° 9. Leatherhead, 1949.

EVANS, J. Report of the Committee on Deterioration of Paper. *Journal of the Royal Society of Arts*, 46, 1898, p. 597-601.

EVANS, L. *Ancient paper making*, London, 1896.

FARADAY, M. On light or ventilation. *The repertory of patent inventions and other discoveries and improvements*, 2, 1843, p. 174-181 et 238-250.

FELLER, R. L. The deteriorating effect of light on museum objects. *Museum news*, 43, 1964.

FILIPPOVA, N. A. Methods of removing ink spots from paper. *Art and archaeology technical abstracts* 6 (2), 1966.

FLEETWOOD, G. The conservation of mediaeval seals in the Swedish. A. Riksarkiv. *The American archivist* (Washington), 12, 1949, p. 164-174.

FLIEDER, F. Étude des blanchiments chimiques des papiers anciens. *Bulletin de l'Association technique de l'industrie papetière* (Paris), 4, 1960, p. 173-184.

——. Protection des documents d'archives contre les effets climatiques des pays tropicaux. *Manuel d'archivistique tropicale*, p. 105. Publié sous la direction d'Y. PEROTIN. Paris et La Haye, Mouton and Co., 1966,

——. *Lutte contre les moisissures des matériaux constitutifs des documents graphiques: procédés employés en France.* Paris, 1961. (Compte-rendu IIC).

FOWLER, G. H. Maps. *British Records Association Technical bulletin* (London), n° 16, 1946.

FUSSLER, H. H. *Photographic reproduction in libraries*, Chicago, Ill., University of Chicago Press, 1942.

GAIROLA, T. R. Preservation of parchment. *Journal of Indian museums*, 1958-1960.

GALLO, F. *Biological agents which damage paper materials. Recent advances in conservation.* Ed. by G. Thompson, London, 1963. (IIC Rome Conference, 1961.)

——. About the conservation of microfilms. *Art and archaeology technical abstracts*, 6, 1966.

GAWRECKI; DRAHOSLAV. *Compact library shelving.* Traduit du tchèque par S. Rehase. Chicago, American Library Association, 1968.

GEAR, J. L. Comments of Mr Kathpalia's article. *The American archivist* (Washington), 21, 1958, p. 275.

——. Lamination after 30 years: record and prospect. *The American archivist* (Washington), 28, 1965, p. 293-297.

GETTENS, R. J. Le blanchiment au chlorite de sodium et au bioxyde de chlore des gravures et dessins sur papier tachés et jaunis *Museum*, Vol. V, 1952, p. 116-130.

GRANT, J. *Books and documents: dating, permanence and preservation*, London, 1937.

——. *The records of Virgenic com. of London.* Vol. 1-4. Washington, Govt. Printing Office, 1906-1935.

GREATHOUSE, G. A.; WESSEL, C. J. *Deterioration of materials – Causes and preservative techniques.* New York, Reinhold Publishing Corp., 1954.

GROVE, L. E. Paper deterioration. *College and research libraries*, 25, 1964, p. 365-374.

GUNTHER, A. La microphotographie dans les bibliothèques. *Bulletin de l'Unesco à l'intention des bibliothèques*, 16, janv.-févr. 1962, p. 1.

GWAM, L. C. Construction de bâtiments d'archives dans les pays tropicaux. *Manuel d'archivistique tropicale*. Publié sous la direction d'Y. PEROTIN, Paris et La Haye, Mouton and Co., 1966.

HAMILTON, C. E. *A handy guide to papermaking*. Berkeley, The Book Art Club, 1948.

Handbook for library binding, Boston, Library Binding Institute, 1963.

HANSEN, F. S. Resistance of paper to natural ageing. *Paper industry and paper world*, 20, 1939, p. 1157-1163.

HARRISON, L. S. *Report on the deteriorating effects of modern light sources*. New York, Metropolitan Museum of Art, 1954.

HEAUSER, E. *Chemistry of cellulose*, 1944.

HENN, R. W.; WIEST, D. G.; MACK, B. D. Microscopic spots in processed microfilm: the effect of iodine. *Photographic science and engineering*, 9, 1965, p. 167-173.

HENN, R. W.; WIEST, D. G. Properties of gold-treated microfilm images. *Photographic science and engineering*, 10, 1966.

HENN, R. W.; MACK, B. D. A gold protective treatment for microfilm. *Photographic science and engineering*, 9, 1965, p. 378-384.

History of technology. London, 1956.

HORTON, C. Cleaning and preserving bindings and related materials. *LTP Publication No.* 12. American Library Association, 1967.

HUDSON, F. L.; MILNER, W. D. Technical notes. *Journal of the Society of Archivists* (London), 1 (6), 1957, p. 172.

HUNTER, D. *Paper making through Eighteenth Centuries*. New York, W. E. Rudge, 1930.

——. *Paper making. The history and technique of the ancient craft*, 2e éd. New York, Alfred A. Knoff, 1957.

Inspection of processed photographic record films for ageing blemishes. *NBS*, 1964.

ISO recommendations for storage of microfilms.

JARRELL; HANKINS; VEITCH. The effects of deorganic acids on the physical properties of waterlay rag board paper. *U.S. Dept. of Agriculture technical bulletin*, 334, 1934.

——. Deterioration of book and record papers. *U.S. Dept. of Agriculture technical bulletin*, 541, 1936.

——. Deterioration of paper as indicated by gas chamber tests. *U.S. Dept. of Agriculture technical bulletin*, 605, 1938.

JENKINSON, sir H. Some notes on preservation, moulding and casting of seals. *Antiquaries journal*, 4, 1924, p. 388-403.

——. *Manual of archive administration*. London, P. Lund Humphries and Co., 1937.

——. The principles and practice of archive repair work in England. *Archivum*. (Paris), 2, 1952, p. 31-41.

JOSHI, K. L. *Paper making in India*. Poona.

JUDD, D. B. *Radiation hazard of museum light sources*. *NBS*, 1953. (Report n° 2254.)

KANE, L. M. A guide to the care and repair of manuscripts. *Bulletin of the American Association for State and Local History*, 1966.

KATHPALIA, Y. P. Care of books in libraries. *Indian pulp and paper* (Calcutta), 9, 1955, p. 147-154.
——. Hand lamination with cellulose acetate. *The American archivist* (Washington), 21, 1958, p. 271-274.
——. Deterioration and conservation of paper. Part I: Biological deterioration. *Indian pulp and paper* (Calcutta), 15, 1960, p. 117-125.
——. Trends in restoration. *Indian pulp and paper* (Calcutta), 16, 1961, p. 203-208.
——. Science and paper preservation. *Indian pulp and paper* (Calcutta), juill. 1962.
——. Deterioration and conservation of paper. Part II: Chemical deterioration. *Indian pulp and paper* (Calcutta), 17, 1962.
——. Deterioration and conservation of paper. Part IV: Neutralization. *Indian pulp and paper* (Calcutta), 17, 1962, p. 245-251.
——. Deterioration and conservation of paper. Part V: Restoration of documents. *Indian pulp and paper* (Calcutta), 17, 1963, p. 565-573.
——. Synthetic materials for preservation. *Indian pulp and paper* (Calcutta), 20, 1965.
——. Preserving the heritage. *Indian pulp and paper* (Calcutta), 20, 1965.
——. Synthetic fibres for preservation of paper. *Indian pulp and paper* (Calcutta), 20, 1966.
——. Restauration des documents. *Manuel d'archivistique tropicale*, p. 123. Publié sous la direction d'Y. PÉROTIN. Paris et La Haye, Mouton and Co., 1966.
——. India-7 and solvent lamination. *India pulp and paper* (Calcutta), 21, 1966.
——. Preservation of sound recordings. *Indian pulp and paper* (Calcutta), 22, 1967.
——. *Consultant report on flood damaged records in Florence and Venice*. Unesco, 1970.
KEALLY; MEYER, H. C. Air-conditioning as a means of preserving books and records. *The American archivist* (Washington), 12, 1949, p. 280-282.
KECK, S. A method of cleaning prints. *Technical studies in the field of fine arts*, 5, 1936, p. 117-126.
KIMBERLY, A. E.; EMLEY, A. L. *A study of deterioration of book papers in the libraries*, 1933. (NBS Misc. Publication, 140.)
KIMBERLY, A. E.; SCRIBNER, B. W. *Summary report of National Bureau of Standards Research on Preservation of Records*, 1937. (NBS Publication, 154.)
KOWALIK, R.; SADURSKA, I. Microorganisms destroying leather book bindings. *Acta microbiologica polonica*, 5, 1956, p. 285-290.
LACUNER, H. F.; WILSON, W. K. Photochemical stability of papers. *Journal of research*, 1943, p. 55-74. (NBS Publication, 30.)
LANGWELL, W. H. The permanence of paper records. *Library Association records*, 55, 1953, p. 212-215.
——. *The conservation of books and documents*. London, Pitman, 1957.
——. The Postlip Duplex lamination process. *Journal of the Society of Archivists* (London), 2, 1964, p. 471-476.

——. The vapour phase deacidification of books and documents. *Journal of the Society of Archivists* (London), 3, 1965, p. 137-138.
——. The protection of papers and parchemin against dampness in storage. *Journal of the Society of Archivists* (London), 3, 1965, p. 82-85.
——. Recent developments in Postlip lamination process. *Journal of the Society of Archivists* (London), 3, 1968, p. 360-361.
——. Method of deacidifying paper. *Journal of the Society of Archivists* (London), 3, 1969, p. 491-494.
LE GEAR, C. E. *Maps. Their care, repair and preservation in libraries*, Washington, D. C., Library of Congress, 1956.
LEIGHTON, J. On the library, books and bindings: pertaining with report to their restoration and preservation. *Journal of the Royal Society of Arts*, 7, 1859, p. 209-215.
LEMONOVA, G. V. *Toxicity of cyclohexylamine and docyclohexylamine*. Traduction en anglais dans *Federation proceedings*, 24, 1965, p. 96-98. (Translation supplement.)
LEWIS, A. W. *Basic bookbinding*. London, 1962.
——. *Synthetic materials used in conservation of cultural property*. Roma, 1965. (International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property.)
LEWIS, C. M.; OFFENHAUSER, W. H. *Microrecordings: industrial and library applications*. New York, Interscience Publishers, 1956.
LEWIS, H. F. The deterioration of book papers in library use. *The American Archivist* (Washington), 22, 1959, p. 309-322.
LEWIS, L. L. La climatisation des musées. *Museum*, vol. **X**, n° 2, p. 132.
LI-SHU-HUA. *The spread of the art of paper making*. Taipei (Taïwan), National Historical Museum, 1960.
LODOLINI, A. *Miscellanae di scritti vari in memorda di Alfonso Gallo*, p. 519. Firenze, Olschki, 1956.
LONGO, L. Experiments on a method for cleaning discoloured paper Mss. *Bollettino del Istituto di Patologia del Libro*, 18, 1959, p. 3-4.
LUCAS, A. *Ancient Egyptian materials and industries*. 3e éd. Edward Arnold and Co., 1948.
LUNAR, P. Paper permanence. *TAPPI standards*, 52, 1969, p. 796-803.
LYDENBERG, H. M.; ARCHER, J. *The care and repair of books*. 3e éd. New York, R. R. Bowker Co., 1945.
MAC CARTHY, P. Vapour phase deacidification. A new preservation method. *The American archivist* (Washington), 32, 1969, p. 333-342.
Manuscript repair in European archives. *The American archivist* (Washington), 1, p. 51; 14, p. 363.
Microfilm preservation. *Chemistry* (Washington), 37, 1966, p. 28-29.
MINOGUE, A. E. The repair and preservation of records. *National Archives of USA bulletin* (Washington), 5, 1943.
MITCHELL, C. A.; HEPWORTH, T. C. *Inks, their composition and manufacture*, 4e éd. London, 1937.
Mould deteriorations on treated and untreated reclaimed fibreboards, 1944. (U.S. Forest Products Lab. report.)
Mould growth report. Royaume-Uni, Signal Research and Development Establishment, 1945.

MURRAY, J. *Practical remarks on modern paper with an introductory account of its former substitutes; also observations on writing inks, the restoration of illegible manuscripts and the preservation of important deeds from the effects of damp.* London, T. Cadell, 1829. Voir aussi: *An account of the Phormium Tenax or New Zealand Flax.* London, Henry Reenshaw, 1836.

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. *Protective display lighting of historical documents*, 1953. (NBS circular, 538.)

NELSON, C. E. *Microfilm technology engineering and related fields.* New York, McGraw Hill, 1965.

New methods for the restoration and preservation of documents and books. Moskva, 1960. English translation available from Office of Technical Services, Dept. of Commerce, Springfield, 1964.

NIUKSHA, U. P. A microscopic study of paper pigmented by the *Gymnoasius setotus* fungus. *Microbiologiya*, 29, 1960, p. 133-136.

PAPRITZ, J. *New methods, new materials and new results in the restoration and conservation of archives and in documentary phototechniques since 1950* (Report to International Congress of Archives, Göteborg, 1960.)

PINA; ROUSSET. La construction de bibliothèques en pays tropical. *Bulletin de l'Unesco à l'intention des bibliothèques*, vol. XV, n° 5, sept.-oct. 1961, p. 278.

PLENDERLEITH, H. J. *The conservation of prints and drawings.* London, Oxford University Press, 1937.

——. *Technical notes on unwrapping of dead sea scrolls. Discoveries in the Judean Desert.* London, Clarendon Press, 1955.

——. *Conservation of antiquities and works of art: treatment, repair and restoration.* London, Oxford University Press, 1956.

——; WERNER, A. E. Technical notes on the conservation of documents. *Journal of the Society of Archivists* 1 (7), 1958, p. 195-201.

PLUMBE, W. J. *The preservation of books in tropical and subtropical countries* London, Oxford University Press, 1956.

PRAVILOVA, T. A. *Ageing of paper.* (Available as OTS 64-11 034 from the Office of Technical Sciences, U.S. Dept. of Commerce, Washington, D.C., 1964.)

PRAVILOVA, T. A.; ISTRUBCINA, T. W. *The bleaching of documents on paper with sodium chlorite.* Moskva, Academy of Sciences, 1962.

——. *Preservation of paper documents by the buffering method in preservation of documents and papers.* (U.S. Dept. of Commerce, T.T. 67-5-1400, 1968.)

Preservation and storage of sound recordings. Washington, Library of Congress, 1959.

Preservation of leather book bindings. (U.S. Dept. of Agriculture, leaflet No. 69, 1933.)

PRICE, D. *Detergents.* New York, Chemical Publishing Co., 1952.

Probleme der Archivetechnik. München, 1958.

Protection of records, n° 132. Boston, National Fire Protection Association, 1963.

Protection from fire. *The American archivist*, vol. 1, 1938, p. 179; vol. 11, 1948, p. 165; vol. 14, 1951, p. 157: vol. XVI, 1953, p. 145–153.

Publications biological scientific (University of California), 1, 1940, p. 299.

PUTMAN, G. H. *Books and their makers during the Middle Ages*. 2 vol. New York, 1962.

RAFT, R. A. V.; HERRICK, I. W.; ADANES, M. F. Archives document preservation. *Northwest science*, 40, févr. 1966.

The restoration system, p. 1-33. Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze, 1968.

SANCHEZ BELDA, Luis. Les constructions de bâtiments d'archives au cours de la dernière décennie. *Bulletin de l'Unesco à l'intention des bibliothèques*, vol. 18, n° 1, jan.-févr. 1964, p. 22.

——. *Nuevos métodos técnicos, nuevos materiales (...) en el campo de la restauración*. Dirección General de Archivos y Bibliotecas, 1961.

SANTUCCI, L. *Recent advances in conservation: the application of chemical and physical methods to conservation of archival materials*, p. 39-47. London, Butterworths, 1963.

SANTUCCI, L.; WOLFF, C. Rigener azione dei Documenti IV. *Bollettino del Istituto di Patologia del Libro*, 1963.

SAX, N. J. *Dangerous properties of industrial materials*. 3e éd. New York, Reinhold Book Co., 1968.

SCHELLENBERG, T. R. *Modern archives*. Chicago, Chicago University Press, 1956.

SCHIERHOLTZ, O. J. *Process for the chemical stabilization of paper and paper products*. (U.S. Patent No. 2, 033, 452 of 1936; Also British Patent No. 443 534 of 1936.)

SCRIBNER, B. W. *Protection of documents with cellulose acetate*, 1940. (NBS Publication M 168.)

SKORDES, G. The parchment stretcher at the Maryland Hall of records. *The American archivist* (Washington), 9, 1946, p. 330-332.

SMITH, R. D. *The preservation of leather book bindings from sulphuric acid deterioration*. Thesis for Master's Degree, University of Denver, 1964.

——. Paper deacidification. A preliminary report. *Library quarterly*, 36, 1966, p. 273-292.

——. Paper impermanence as a sequence of *p*H and storage conditions. *Library quarterly*, 39, 1969, p. 153-175.

——. New approaches to preservation. *Library quarterly*, 40, 1970, p. 139-171.

SNYDER, T. E. *Our enemy, the termites*. New York, Comstock Publishing Co., 1948.

Stains on negatives and prints. Eastman Kodak Co., 1950, (Kodak data book n° 1-18.)

Standard requirements for photographic filming enclosures for storing processed photographic films. New York, U.S.A. Standards Institute, 1948.

Standard specifications for photographic films for permanent records. New York, U.S.A. Standards Institute, 1957.

Standard specifications for safety photographic films. New York, U.S.A. Standards Institute, 1965.

Standards for the protection of records. Boston, National Fire Protection Association, 1967.

STOLOW, N. The action of environment on museum objects, Part II. Light. *Curator*, 9, 1966, p. 298-306.

Storage and preservation of microfilms. Eastman Kodak Co., 1965. (Kodak data book n° P-108.)

Storage of processed colour films. Eastman Kodak Co., 1962.
Technical bulletin of British Paper and Board Manufacturers' Association (London), 29, 1952, p. 21 et 30; 1953, p. 2.
Les techniques de protection des biens culturels en cas de conflit armé. Paris, Unesco, 1954. (Musées et monuments, VIII.)
Theory and practice of book binding. Washington, U.S. Government Printing Office, 1950.
THOMSON, G. Visible and ultraviolet radiation. *Museum journal*, 57, 1957, p. 27-32.
THOMPSON, sir E. M. *An introduction to Greek and Latin palaeography*. London, Oxford University Press, 1912.
——. Parchment and vellum. *Encyclopaedia britannica*, 1945.
TITUS, A. C. *Fungus resistance of untreated materials*. New York, G.E.C., 1945.
TOTTLE, H. F. Strong-room climate. *Archives*, 2, 1956, p. 387-402.
TSIEN, T. H. *Written on bamboo and silk: the beginnings of Chinese books and inscriptions*. University of Chicago Press, 1962.
U.S. Government Printing Office technical bulletin, 22, p. 94.
VEITCH, F. P. *Suitable paper for permanent records*. Yearbook of Dept. of Agriculture, Washington D. C., U.S. Govt. Printing Office, 1908, p. 261-266.
VERY, H. R. *Microcopying methods*. London, Fountain Press, 1963.
VOORN, H. In search of raw materials, *Paper maker*, 30, 1952, p. 47-52.
WACHTER, O. *On the stretching and flattening of old parchment*. Stuttgart, Allgemeiner Anzieger für Buchbindereien, 1958.
——. *Parchment restoration*. Stuttgart, Allgemeiner Anzieger für Buchbindereien, 1962.
WARDLE, D. W. Public record Office: The repository. *Archivum* (Paris), 7, 1957.
WATSON, A. *Hand bookbinding*. New York, Reinhold Publishing Corp., 1963.
WERNER, A. E. The lamination of documents. *Problèmes de conservation dans les musées*. Paris, Eyrolles; London, Allen and Unwin, 1969. (Travaux et publications n° 8 du Centre international d'études pour la conservation des biens culturels et Comité de l'ICOM pour les laboratoires des musées.)
——. Préservation du cuir, du bois, de l'os, de l'ivoire et des documents d'archives. *La préservation des biens culturels, notamment en milieu tropical*, p. 285. Unesco, Paris, 1969. (Musées et monuments, XI.)
WESSEL, C. J. Environmental factors affecting the permanence of library materials. *Library quarterly*, 40, 1970, p. 39-84.
WILSON, W. K.; FORSHEE, B. *Preservation of documents by lamination*, 1959. (NBS monograph n° 5.)
YABROVA, R. R. *Removal of dyes from paper*. Moskva, Department for Book Preservation and Restoration, Lenin Library. English translation published in *Collection of materials on preservation of library resources* Israel Programme for Scientific Translation for the National Science Foundation and the Council of Library Resources, Washington, 1964, n° 2 & 3.
——. *The prevention of ageing of books and newspapers*. Washington, D. C., Office of Technical Sciences, 1964. (OTS 64-11053.)